

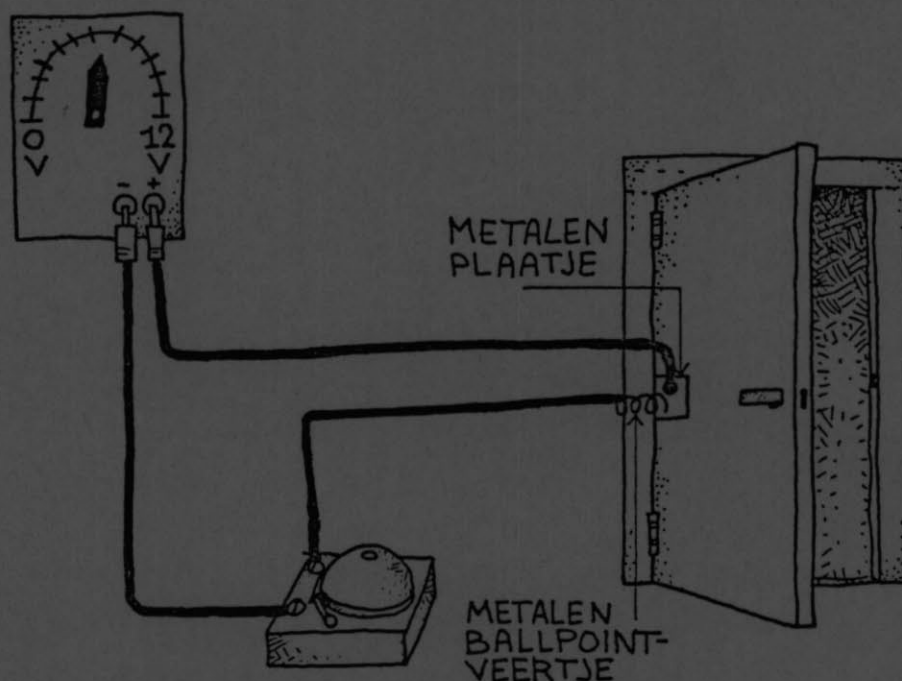


Aantekeningen voor de leraar en Apparatuurgids

Elektrische Schakelingen

Een lessenserie waarin leerlingen:

- met eenvoudige opstellingen proeven doen rond het verschijnsel elektrische stroom en zich daarbij een beeld vormen van de "theorie" (model) die de waargenomen verschijnselen ordent en beschrijft
- oefenen in het vooraf nadenken over de mogelijke uitkomst van een proef
- leren omgaan met eenvoudige elektrische meetinstrumenten, zoals stroom- en spanningsmeters



Experimentele uitgave voor de derde klas mavo, havo en vwo.
Samengesteld door de projectgroep PLON met medewerking van projectleraren.



© 1982 Rijksuniversiteit Utrecht

Deze aanwijzingen voor de leraar maken deel uit van experimenteel les-materiaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.

Elektrische Schakelingen

INHOUD

Voorwoord	2
Verantwoording	3
1. Achtergronden en uitgangspunten	3
2. De plaats van "Elektrische Schakelingen" in het PLON-curriculum	4
Het lesmateriaal	6
1. Het themaboek	6
2. Apparatuur en werkmateriaal	6
Didactische opzet	7
1. Inhoud en opzet	7
2. Werkwijze	8
Lessenplan	9
1. Lessenplannen "Elektrische Schakelingen"	9
2. Toelichting	10
3. Uitbreidingsmogelijkheden	10
Didactische aanwijzingen	12
1. Voorspellingen doen	12
2. De "wet van Ohm"	13
3. De "wet van Ohm" als rekenregel	15
Doelen voor leerlingen	17
Doelen voor de leraar	18
Boeken en Audio-visuele media	19
Lerarenvragenlijst	23
Bijlagen	
D1 Elektriciteit en het PLON-examenprogramma mavo	29
D2 Proefwerkopgaven	37
D3 Voorbeelden van proefwerken	47
D4 Keuze-onderzoeken	52
Apparatuurgids	75

Deze "Aantekeningen voor de leraar" kan worden besteld bij:

BV Uitgeverij NIB
Postbus 144
3700 AC Zeist
tel.: 03404-21624.

De prijs is f 10,--.

VOORWOORD

U bent betrokken bij het PLON-experiment; fijn dat u mee doet!
We hopen dat u deze aantekeningen voor leraren interessant zult vinden en dat zij u helpen bij het voorbereiden en geven van uw lessen "Elektrische Schakelingen".
Deze AVOL is zowel bestemd voor hen die "Elektrische Schakelingen" voor de eerste keer geven als voor hen die er al ervaring mee hebben.

De AVOL geeft informatie over de didactische opzet van het instructieboekje "Elektrische Schakelingen" en bespreekt de verschillende fasen van het lessenplan. In de bijlagen zijn voorbeelden van toetsen en dergelijke opgenomen. Een lijst met films maakt het gemakkelijker het werken met het boekje audio-visueel aan te kleden. Het laatste deel is een gids voor de apparatuur en bevat ook de details over de proeven.

Op blz. 23 is een vragenlijst opgenomen. U kunt uw enthousiasme en kritiek daarin kwijt. We stellen het zeer op prijs als u die lijst wilt invullen en opsturen.

Deze AVOL is een nieuwe uitgave.

Het PLON-team
Lab. Vaste Stof
Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA UTRECHT

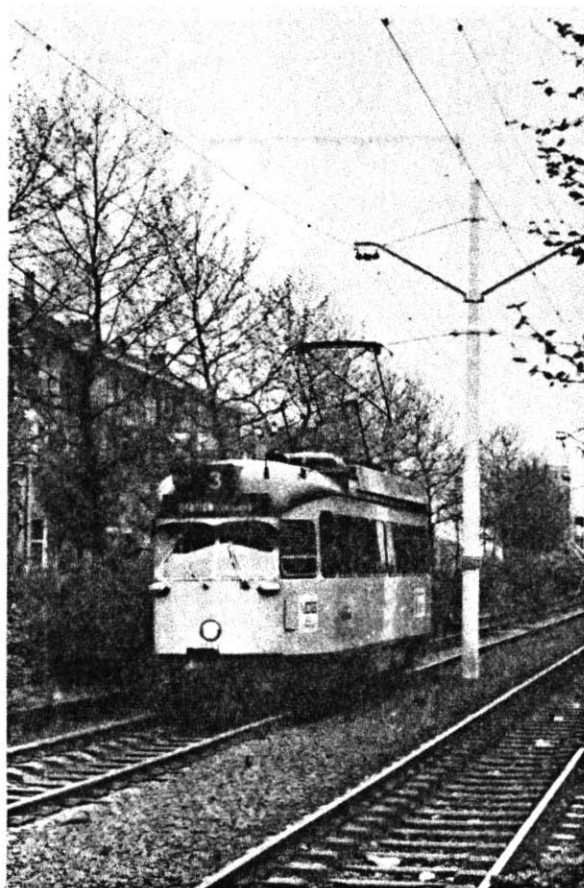
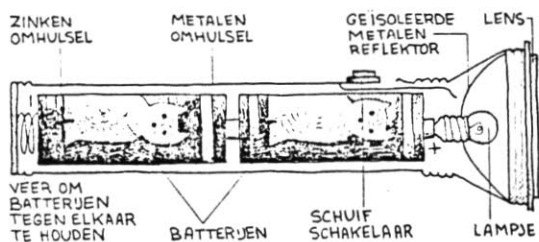
december 1982.

VERANTWOORDING

1. ACHTERGRONDEN EN UITGANGSPUNTEN

"Elektrische Schakelingen" is een instructieboekje. Het behandelt de belangrijkste basiskennis van de elektriciteit: stroomkring, serie- en parallelschakeling, spanning, stroomsterkte en weerstand. Daarnaast wordt aandacht besteed aan het omgaan met meetapparatuur (stroom- en spanningsmeter) en het bouwen en schematisch tekenen van schakelingen.

"Elektrische Schakelingen" is een *serviceboekje*. Het doorwerken van het boekje is bedoeld als ondersteuning van het werken aan een aantal PLON-thema's. "Elektrische Schakelingen" heeft daardoor een ander karakter dan de meeste PLON-thema's. Er is hier geen duidelijke context, waarbinnen natuurkundige verschijnselen hun plaats krijgen, alhoewel geprobeerd wordt om aan te sluiten bij de leefomgeving van de leerlingen.



VERANTWOORDING

2. DE PLAATS VAN "ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN" IN HET PLON-CURRICULUM

Het instructieboek "Elektrische Schakelingen" is bedoeld voor gebruik in de derde klas mavo, havo en vwo.

"Elektrische Schakelingen" geeft de kennis over elektriciteitsleer die de leerlingen nodig hebben in de derde-klas-thema's "Geluid Weergeven", "Energie Thuis", "Energie in de Toekomst", de vierde-klas-thema's "Verwarmen en Isoleren", "Schakelen en Regelen" en "Machines en Energie" en in sommige gevallen (afhankelijk van de beschikbare apparatuur) ook het derde-klas-thema "Zien Bewegen".

Daarom is "Elektrische Schakelingen" in het jaarprogramma na het thema "Bruggen" en voor "Zien Bewegen" geplaatst.

In het kader zijn de jaarprogramma's voor de derde klas mavo en de derde klas havo/vwo weergegeven. Het jaarprogramma 3-mavo geldt voor dié scholen die toestemming hebben om deel te nemen aan het experimentele PLON-mavo-eindexamen. Het jaarprogramma 3-mavo-PLON/regulier geldt voor dié scholen die in het tweede, derde en voor een deel in het vierde leerjaar wél met PLON-thema's werken, maar die gedwongen zijn deel te nemen aan het reguliere mavo-eindexamen.

In het "jaarplan 3 mavo" en in het "jaarplan 3 havo/vwo" wordt uitgebreider ingegaan op mogelijke jaarprogramma's in het derde leerjaar en de plaats van het instructieboek "Elektrische Schakelingen" daarin. Deze jaarplannen zijn verkrijgbaar bij het PLON.

JAARPROGRAMMA 3-MAVO ¹⁾		JAARPROGRAMMA 3-HAVO/VWO ¹⁾		
Thema	Aantal lessen	Thema	Aantal lessen	Uitbreidingsmogelijkheden ⁴⁾
Bruggen	10	Bruggen	10	Instructieboek Krachten
Instructieboek Elektrische Schakelingen	6	Instructieboek Elektrische schakelingen	10	Schakelen en Regelen
Zien Bewegen ²⁾	10, 12, 14	Zien Bewegen ²⁾	10, 12, 14	Kleur en Licht
Geluid Weergeven ²⁾	16, 14, 12	Geluid Weergeven ²⁾	16, 14, 12	{ NAS ³⁾ Verwarmen en Isoleren
NAS/Water voor Tanzania	6	Energie Thuis	10	
Energie Thuis	16	NAS ³⁾	8	
NAS/Energie in de Toekomst				
	—		—	
	64		64	
	==		==	

1) Dit jaarprogramma is gebaseerd op twee lessen per week.

2) Het aantal lessen bij met name deze thema's hangt af van een aantal keuzen die de leraar maakt met betrekking tot het doen van bepaalde basisdelen, het laten uitvoeren van keuze-onderzoeken, enz.; zie daarvoor de AVOL's van de betreffende thema's.

3) Keuze uit de vier deelthema's "Natuurkunde en Samenleving".

4) Bij een urenaantal van drie lessen per week in 3-havo/vwo; zie "jaarplan 3-havo/vwo".

VERANTWOORDING

Bij een vergelijking van de jaarprogramma's voor de derde klas mavo en de derde klas havo/vwo valt op het verschil in aantal geplande lessen voor "Elektrische Schakelingen". Dit heeft te maken met een verschil in accent op cursusniveau in het derde leerjaar in de genoemde schoolsoorten; zie hiervoor het hoofdstuk "lessenplan" in deze AVOL en het "jaarplan 3 havo/vwo".

Het jaarprogramma in het derde leerjaar komt uit op een totaal van 64 lesuren. Dat is voor twee lesuren per week in het derde leerjaar een redelijk aantal. Om op dat aantal uit te komen, zijn echter een aantal keuzes nodig, met name bij de thema's "Zien Bewegen" en "Geluid Weergeven"; zie daarvoor de AVOL's van de betreffende thema's.

In het jaarprogramma voor de derde klas havo/vwo wordt bij "Elektrische Schakelingen" het thema "Schakelen en Regelen" als uitbreidingsmogelijkheid genoemd bij drie lesuren per week; zie hiervoor het hoofdstuk "lessenplan" in deze AVOL.

Voor het gebruik van "Elektrische Schakelingen" op die scholen die met PLON-materiaal werken, maar gedwongen zijn aan het reguliere mavo-examen deel te nemen, verwijzen wij naar de AVOL bij het thema "Schakelen en Regelen".

JAARPROGRAMMA 3-MAVO-PLON/regulier

<u>Thema</u>	<u>Aantal lessen</u>
Bruggen	10
Zien Bewegen	16
Instructieboek Elektrische Schakelingen	8
Schakelen en Regelen	14
NAS/Water voor Tanzania	6
Verwarmen en Isoleren	16

HET LESMATERIAAL

1. HET INSTRUCTIEBOEK

Het instructieboek "Elektrische Schakelingen" kan (evenals het als uitbreidingsmogelijkheid in 3 havo/vwo genoemde thema "Schakelen en Regelen") worden besteld bij:

BV Uitgeverij NIB
Postbus 144
3700 AC Zeist
Tel. 03404-21624.

Het instructieboek is bestemd voor alle leerlingen.

2. APPARATUUR EN WERKMATERIAAL

Practicum- en werkmateriaal moet door de school zelf worden verzorgd. In de apparatuu rgids vindt u een overzicht van het practicummateriaal per thema. Voor een jaaroverzichtslijst kunt u zich richten tot het PLON.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen basis (B) materiaal (dat is datgene wat nodig is om minimum doelen te bereiken) en extra (E) materiaal (onder andere ten behoeve van keuze-opdrachten).

Een school die met PLON gaat werken, wordt aangeraden het eerste jaar alleen het basismateriaal aan te schaffen. Het extra materiaal kan in de jaren daarna aangeschaft worden. De keuze-mogelijkheden die in het eerste jaar beperkt zijn, kunnen zo in latere jaren uitgebreid worden. Het voordeel daarvan is ook dat de leraar dan meer ervaring heeft met de organisatie van het practicummateriaal in de klas.

Voor aanschaf van practicummateriaal kunt u zich richten tot diverse firma's. Met Breukhoven BV te Rotterdam heeft PLON een samenwerkings-overeenkomst, waarbij Breukhoven BV de levering van PLON-apparatuur op zich neemt.

Deze heeft apparatuur voor de tweede klas vanaf 1982 beschikbaar.

Voor de derde en vierde klas zo spoedig mogelijk daarna.

Voor inlichtingen daarover:

Breukhoven BV
Mathenesserlaan 400
Postbus 6044
3002 AA Rotterdam
Tel. 010-767688.

Voor overleg en advies (bijvoorbeeld gefaseerde aanschaf) kunt u op het PLON Wim Kamphuis of Ad van Gameren bellen (tel. 030-532718 en 532717).

"Elektrische Schakelingen" is een instructieboek en heeft daardoor een ander (meer instruerend) karakter dan de PLON-thema's. Het gaat er in "Elektrische Schakelingen" om een hoeveelheid basiskennis over elektriciteit aan te brengen en de leerlingen ervaring te laten opdoen in het omgaan met elektrische meetapparatuur.

1. INHOUD EN OPZET

De basiskennis over elektriciteit wordt de leerlingen zonder veel omwegen aangeboden via een reeks van proefjes rond het opbouwen van een stroomkring, serie- en parallelschakeling, het meten van spanning en stroomsterkte en het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand (wet van Ohm). In een aantal opdrachten wordt aandacht besteed aan het tekenen van schakelingen. Een kort theoriehoofdstuk probeert de waargenomen verschijnselen met behulp van een modelvoorstelling van stroming van elektronen samen te vatten.

Als "uitloophoofdstuk" zijn er voor geïnteresseerde leerlingen nog een tweetal extra onderzoeken in het boek opgenomen. Deze gaan over het verband tussen weerstand en draaddikte en tussen weerstand en draadmateriaal.

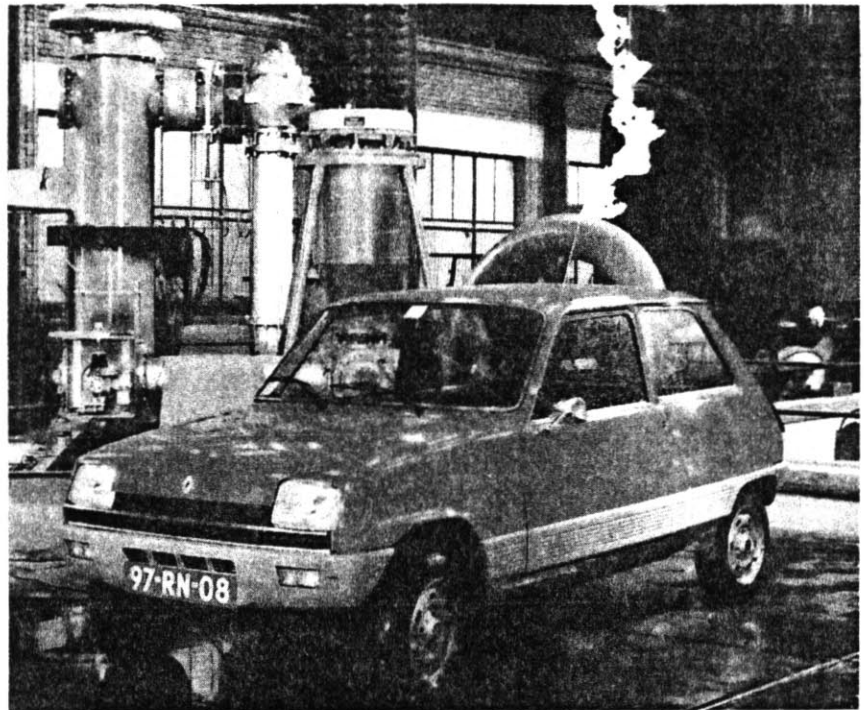
De leesteksten bieden achtergrondinformatie over de meer fysische aspecten (statische elektriciteit, de bouw van het atoom), de "geschiedenis" (teksten over "onderzoekers" als Alessandro Volta, André Marie Ampère en Georg Simon Ohm en een "uitvinder" als Thomas Alva Edison) en de meer op de dagelijkse omgeving gerichte aspecten van elektriciteit (elektriciteit in huis en het gevaar ervan, batterij en accu).



DIDACTISCHE OPZET



Ohm (1789-1854)



bliksemproof met een auto



Edison

2. WERKWIJZE

Indien er voldoende materiaal en apparatuur beschikbaar is, ligt het voor de hand de leerlingen in groepen het instructieboek te laten doorwerken. Op die manier doen alle leerlingen ervaring op met het opbouwen van elektrische schakelingen, het omgaan met meetinstrumenten als volt- en ampèremeter, het weergeven van gebouwde schakelingen, enz.. Van deze ontwikkelde vaardigheden kan in een aantal volgende thema's gebruik gemaakt worden.

Het werken met het boek "Elektrische Schakelingen" kan afgesloten worden met een (practische en/of theoretische) toets.

LESSENPLAN

Volgens de jaarprogramma's zijn er voor "Elektrische Schakelingen" in de derde klas mavo zes en in de derde klas havo/vwo tien lessen uitgetrokken. Dit verschil zullen we na het geven van de beide lessenplannen toelichten.

1. LESSENPLANNEN "ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN"

3 mavo (6 lessen)			3 havo/vwo (10 lessen)		
onder-deel	tijdsduur in lessen	omschrijving	onder-deel	tijdsduur in lessen	omschrijving
1	½	Inleiding over inhoud en functie van het instructieboek en de werkwijze (waaronder beschikbare tijd bij zelfstandig werken door groepen leerlingen)	1	½	Inleiding over inhoud en functie van het instructieboek en de werkwijze (waaronder beschikbare tijd bij zelfstandig werken door groepen leerlingen)
2	4	Proeven en theorie over stroomkring, spanning en stroomsterkte (hoofdstuk 1 t/m 7). Een deel van de opdrachten uit hoofdstuk 1 t/m 5 en de hoofdstukken 6 en 7 in zijn geheel kunnen eventueel als huiswerk opgegeven worden	2	4	Proeven en theorie over stroomkring, spanning en stroomsterkte (hoofdstuk 1 t/m 7). Een deel van de opdrachten uit hoofdstuk 1 t/m 5 en de hoofdstukken 6 en 7 in zijn geheel kunnen eventueel als huiswerk opgegeven worden
3	½	Het verband tussen spanning en stroom (hoofdstuk 8, paragraaf 8.1.)	3	4	Metten en rekenen aan spanning en stroom (hoofdstuk 8). Een deel van de opdrachten uit hoofdstuk 8 kan eventueel als huiswerk opgegeven worden. Voor de "snelle werkers" zijn in hoofdstuk 8 nog een tweetal extra onderzoekjes opgenomen (paragraaf 8.6. en 8.7.)
4	½	Samenvatting	4	½	Samenvatting
5	1	Toets. De toets kan bestaan uit een aantal schriftelijke vragen of een practicum-toets	5	1	Toets. De toets kan bestaan uit een aantal schriftelijke vragen of een practicum-toets
totaal 6			totaal 10		

LESSENPLAN

2. TOELICHTING

In verband met het volle jaarprogramma in de derde klas mavo is er voor gekozen om bij onderdeel 3 uit het lessenplan (de "wet van Ohm" en serie- en parallelschakeling van weerstanden) slechts het *semi-kwantitatieve verband tussen spanning en stroomsterkte* te behandelen. Daardoor kan volstaan worden met paragraaf 8.1. uit hoofdstuk 8.

Semi-kwantitatieve kennis van de "wet van Ohm" is functioneel bij het thema "Geluid Weergeven". De rest van de kennis uit hoofdstuk 8 is niet direct nodig in de nog volgende derde-klas-thema's. In de mavo-cursus kan een formalisering van het begrip "weerstand" en de "wet van Ohm" geïntegreerd worden met het werken aan het thema "Schakelen en Regelen". In dat thema is de kennis van de "wet van Ohm" en dergelijke functioneel in het kader van bijvoorbeeld het instellen van de gevoeligheid van regelschakelingen. Voor de behandeling van de "wet van Ohm" in het thema "Schakelen en Regelen" verwijzen wij naar de AVOL van dat thema.

In 3-havo/vwo zal minder snel gekozen worden voor het laten vervallen van de wet van Ohm en dergelijke uit "Elektrische Schakelingen". Hoewel dit onderdeel voor de rest van de thema's in het derde leerjaar niet direct nodig is, kan een wat meer kwantitatief accent in de cursus een functie hebben in het (zelf)determinatieproces van de leerling (is het verstandig straks door te gaan met natuurkunde in de bovenbouw?).

In het hoofdstuk "didactische aanwijzingen" van deze AVOL staan enige suggesties voor de aanpak van onderdeel 3 uit het lessenplan.

In de bijlagen D2 en D3 vindt u voorbeelden van proefwerkvragen en proefwerken.

3. UITBREIDINGSMOGELIJKHEDEN

Bij drie lesuren per week in het derde leerjaar is er in 3-havo/vwo de mogelijkheid het werken aan "Elektrische Schakelingen" wat te verzwaren en uit te diepen door dit instructieboek te koppelen aan onderdelen van het 4-mavo-thema "Schakelen en Regelen". In bijlage D4 zijn een drietal keuze-onderzoeken, ontleend aan "Schakelen en Regelen", opgenomen:

1. temperatuurschakeling met bimetalen
2. temperatuurschakeling met thermo-elementen
3. lichtschakeling.

LESSENPLAN

In de keuze-onderzoeken 1 en 3 maken de leerlingen gebruik van de wet van Ohm en dergelijke om regelschakelingen te ontwerpen en om de gevoeligheid ervan te regelen. Daardoor komt het werken aan "Elektrische Schakelingen" in een wat meer thematische context te staan.

De keuze-onderzoeken kunnen direct volgen op het afsluiten van het werk aan het instructieboek "Elektrische Schakelingen". In totaal zijn er dan zo'n 16 lessen voor dit onderdeel van het jaarprogramma nodig.

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

1. VOORSPELLINGEN DOEN

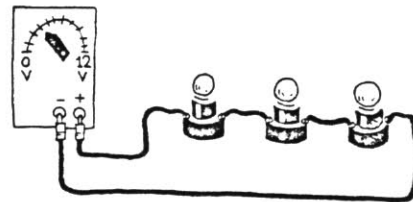
In het tweede leerjaar wordt de leerlingen geleerd "werkvragen" te stellen. In het derde leerjaar wordt die draad weer opgepakt in het thema "Bruggen" (zie thema "Bruggen" (blz. 8) en de bijbehorende AVOL). In de AVOL's van de derde-klas-thema's "Zien Bewegen" en "Geluid Weergeven" wordt hieraan eveneens aandacht besteed. Bij het laatstgenoemde thema wordt daaraan nog een uitbreiding gegeven via een suggestie om bij bepaalde onderzoeken leerlingen te vragen hypothesen op te stellen (voorspellingen te doen). Eendergelijke activiteit kan worden voorbereid bij het werken aan het instructieboek "Elektrische Schakelingen". Vanuit hun kennis over de "stroomkring" (hoofdstuk 1) kunnen de leerlingen in "Elektrische Schakelingen" bij het onderwerp "serie-schakeling en parallel-schakeling" (hoofdstuk 2) voorspellingen doen over het resultaat van een proef en daarna deze voorspelling met het uitvoeren van de proef controleren. Deze werkwijze is in het lesmateriaal ingebouwd door een "opdracht" te geven, gevolgd door de bijbehorende "proef" (zie illustratie). Omdat leerlingen nogal sterk gewend zijn aan het "proeven doen", lijkt het noodzakelijk ze vooraf op deze afwijkende werkwijze te oriënteren!

VOORSPELLING

OPDRACHT 5.

Gaan de lampjes in de hieronder getekende schakeling branden? Zo ja, hoe loopt de stroom?

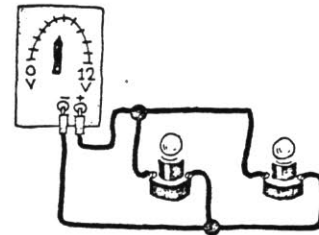
Wat zou er gebeuren als je één van de lampjes zou losdraaien?



EXPERIMENTELE CONTROLE

PROEF 5.

1. Bouw de opstelling hierboven.
2. Ga na of je antwoord bij opdracht 5 goed was.
3. Wijs in de opstelling aan hoe de stroom loopt.
4. Wat gebeurt er als je een lampje losdraait?
5. Wat gebeurt er als je een lampje uit de stroomkring weglaat en de stroomkring weer sluit?



OPDRACHT 6.

Gaan de lampjes branden? Zo ja, hoe loopt de stroom?

PROEF 6.

1. Bouw de opstelling hierboven.
2. Ga na of je antwoord bij opdracht 6 goed was.
3. Wijs in de opstelling aan hoe de stroom rondloopt.
4. Wat gebeurt er als je een lampje losdraait?
5. Wat gebeurt er als je een lampje weglaat?

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

2. DE "WET VAN OHM"

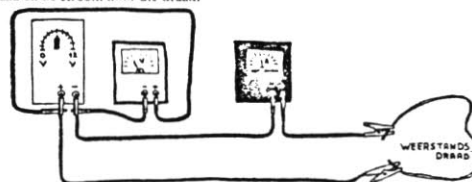
In hoofdstuk 8 wordt onder andere de "wet van Ohm" behandeld. Daarbij wordt de volgende opbouw gehanteerd:

- In voorgaande experimenten hebben leerlingen het kwalitatieve verband tussen spanning en stroom al (min of meer impliciet) leren kennen.
- In het eerste onderzoek van paragraaf 8.1 wordt het verband tussen spanning en stroom gemeten; de meetresultaten zijn nu in tabelvorm beschikbaar.
- De volgende stap is nu meestal het weergeven van deze meetresultaten in een grafiek en het daaruit afleiden van een semi-kwantitatieve relatie tussen spanning en stroomsterkte. Doordat de serie spanningen, waarbij de stroomsterkte gemeten moet worden, gegeven is in de vorm van een "mooie" reeks, is het semi-kwantitatieve verband tussen spanning en stroomsterkte vrij eenvoudig uit de meetresultaten af te lezen.

Een grafiek gebruiken voor het formuleren van een semi-kwantitatief verband tussen spanning en stroomsterkte is wél zinvol én noodzakelijk als de leerlingen vrij zijn in het kiezen van de waarden van de spanning waarbij de bijbehorende stroomsterkte gemeten wordt. Dan kan gevraagd worden uit de grafiek af te lezen hoeveel de stroomsterkte verandert als de spanning twee of driemaal zo groot wordt.

8.1. SPANNING EN STROOM

Een belangrijk verband in de natuurkunde is het verband tussen de spanning over een draad en de stroom door die draad.



SPANNING	STROOM	SPANNING STROOM
1,0 V		
2,0 V		
3,0 V		
4,0 V		

PROEF 16.

Spanning en stroom (1)

1. Maak bovenstaande schakeling.
2. Stel de spanning in op 1,0 V en meet de stroom.
3. Doe dit ook voor 2,0 V, 3,0 V en 4,0 V.
4. Hoe verandert de stroomsterkte als de spanning 2x zo groot wordt? Wat valt je op in de laatste kolom?

PROEF 17.

Spanning en stroom (2)
Herhaal proef 16 met een andere draad.

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

Dit laatste is echter voor veel leerlingen lastig, maar het valt te overwegen om deze werkwijze in bijvoorbeeld 3-havo/vwo te volgen.

- De laatste stap is het formaliseren van de relatie in een formule, waarbij tegelijkertijd een nieuw begrip wordt ingevoerd: "weerstand".

Deze stap levert voor veel leerlingen problemen op.

Daarvoor zijn drie redenen:

- spanning en stroomsterkte zijn al abstracte begrippen en voor weerstand geldt hetzelfde
- voor veel leerlingen is het moeilijk in te zien dat de formule $\frac{V}{I} = R$ een formele, wiskundige manier is om de *lineaire relatie* tussen V en I te beschrijven; dus de formule als weergave van de "wet van Ohm"
- de koppeling tussen de formule en de "wet van Ohm" levert problemen op als in paragraaf 8.3 het verband tussen weerstand en temperatuur aan de orde komt.

De conclusie in paragraaf 8.3 luidt: "De 'wet van Ohm' geldt alleen bij constante temperatuur".

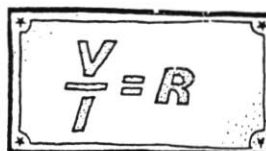
Als leerlingen de "wet van Ohm" koppelen aan de formule $\frac{V}{I} = R$, dan zouden zij uit deze zin kunnen concluderen dat dus ook de formule alleen geldt bij constante temperatuur.

8.2. SPANNING, STROOM EN WEERSTAND

De verhouding tussen de spanning over een draad en de stroom door die draad is constant.* Deze zin heet de Wet van Ohm.** De constante noemt men de weerstand van de draad. De Wet van Ohm kun je ook als formule opschrijven, als je voor spanning, stroom en weerstand symbolen hebt ingevoerd.



Symbolen voor spanning, stroomsterkte en weerstand



De Wet van Ohm

De verhouding tussen spanning (V) en stroom (I) is de weerstand (R) wordt dan: $\frac{V}{I} = R$.

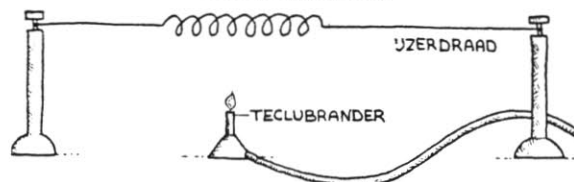
De eenheid van weerstand is ohm (afgekort: Ω , spreek uit „oom“).

De weerstand geeft aan in welke mate een draad elektronen die erdoor heengaan, tegenwerkt.

Als een weerstandsdraad de elektronen die erdoor heengaan maar een klein beetje tegenwerkt, heeft hij een kleine weerstand. De spanningsbron hoeft niet zo hard te duwen om de elektronen door de draad te krijgen. Een weerstandsdraad die elektronen sterk tegenwerkt, heeft een grote weerstand. De spanningsbron moet dan weer harder duwen om hetzelfde aantal elektronen door de draad te krijgen. Als hij dat niet doet, gaan er veel minder elektronen door de draad en is de stroomsterkte dus kleiner.

PROEF 19: weerstand en temperatuur

1. Maak de volgende opstelling



- Bepaal de weerstand van je ijzerdraad (teclubrander uit).
- Steek de teclubrander aan. Bepaal de weerstand van de ijzerdraad.

Uit de proef blijkt: De weerstand van een ijzerdraad is groter als de temperatuur van de draad hoger is. Omdat de moleculen heftiger heen en weer bewegen, kunnen de elektronen er moeilijker langs.

De weerstand hangt dus af van de temperatuur van de draad. Bij proef 18 kon je de stroom „opblazen“. Door te blazen koelt het ijzerdraadje af. Daardoor wordt zijn weerstand kleiner en de stroom in de stroomkring groter.

In de vorige paragraaf heb je geleerd dat de weerstand van een draad gelijk is aan de spanning over die draad gedeeld door de stroom door de draad. Als de weerstand verandert bij temperatuurverhoging, dan verandert dus ook de verhouding van spanning en stroom. Bij temperatuurverandering geldt dus niet meer dat de verhouding van spanning en stroom constant is: de Wet van Ohm geldt dus niet meer.



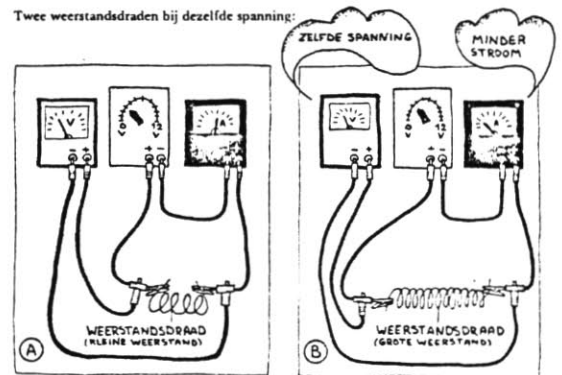
De Wet van Ohm. Deze wet geldt alleen als de temperatuur constant is.

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

Maar die formule hebben ze net gebruikt bij het bepalen van de weerstand van een ijzerdraad bij lage én bij hoge temperatuur! Dat levert een interne tegenspraak op, waardoor leerlingen in verwarring kunnen raken.

Het lijkt daarom het beste om $R = V/I$ te presenteren als "rekenregel":

Geef het getal dat je krijgt als je spanning en stroomsterkte op elkaar deelt maar de naam "weerstand". Het argument voor deze naam kan ontleend worden aan het feit dat een draad die *minder stroom doorlaat* dan een andere draad (bij gelijke spanning) kennelijk *méér weerstand tegen stroomdoorgang* biedt, én dat dit bij delen van spanning door stroomsterkte een *groter getal* oplevert.



3. DE "WET VAN OHM" ALS REKENREGEL

Het introduceren van de formule $R = V/I$ als "rekenregel" vereist wél een andere aanpak dan die in het instructieboek "Elektrische Schakelingen". Bij die andere aanpak wordt de naam "wet van Ohm" niet gekoppeld aan de formule. Bij deze afwijkende aanpak is het uitgangspunt de introductie van het begrip "weerstand".

DIDACTISCHE AANWIJZINGEN

Als twee draden bij gelijke spanning een verschillende stroom doorlaten, levert de draad die de kleinste stroom doorlaat de grootste weerstand tegen stroomdoorgang. Een maat voor de weerstand van een draad is dan het getal $\frac{V}{I}$, want de uitkomst van die deling is een groot getal als de weerstand van die draad ook groot is.

Hier wordt dus begonnen met een *definitie* van weerstand, met een *rekenregel*. Daarna kan het verband tussen spanning en stroom gemeten worden voor één of meer weerstandsdraden. Het daaruit volgende, semi-kwantitatieve of in termen van een evenredigheid geformuleerde, verband tussen spanning en stroomsterkte kan de naam "wet van Ohm" krijgen.

De "wet van Ohm" luidt dus: "Als de spanning over een weerstandsdraad n x zo groot wordt, wordt ook de stroomsterkte door de draad n x zo groot" of "De spanning over een weerstandsdraad en de stroomsterkte door de draad zijn (recht)-evenredig".

Door met behulp van de rekenregel steeds de weerstand van één draad (bij verschillende waarden van de spanning) te berekenen, blijkt dat deze een vaste (constante) waarde heeft.

De volgende vraag is nu, wat er met de "wet van Ohm" gebeurt als de weerstand van een draad gaat veranderen.

Het verhitten van een draad zorgt voor een toename van de weerstand. De gevolgen voor de "wet van Ohm" kunnen nagegaan worden aan de hand van het opmeten van het verband tussen spanning en stroomsterkte bij een gloeilampje. De toename van de temperatuur is daarbij goed zicht- én voelbaar. Zolang de temperatuur niet te hoog oploopt, geldt de eerder geformuleerde semi-kwantitatieve of lineaire relatie tussen spanning en stroomsterkte (de "wet van Ohm" dus), maar bij een temperatuur waarbij de weerstand duidelijk begint te veranderen (te constateren met behulp van de rekenregel) geldt deze relatie niet meer! Conclusie: "De "wet van Ohm" geldt alleen bij "constante" temperatuur". Maar met "de wet van Ohm" wordt nu duidelijk bedoeld het semi-kwantitatieve of in termen van een evenredigheid geformuleerde verband tussen spanning en stroomsterkte door een draad, en NIET de rekenregel $\frac{V}{I} = R$. De rekenregel is niet méér dan een (kwantitatieve) definitie van het begrip "weerstand" en is (ook in de ogen van de leerlingen) losgekoppeld van de "wet van Ohm". De rekenregel is onder alle omstandigheden geldig; de "wet van Ohm" alleen bij (binnen de grenzen van de meetnauwkeurigheid) "constante" temperatuur van de weerstandsdraad.

DOELEN VOOR LEERLINGEN

Het is de bedoeling dat leerlingen *tijdens* "Elektrische Schakelingen":

- met eenvoudige opstellingen proeven doen rond het verschijnsel elektrische stroom en zich daarbij een beeld vormen van een "theorie" (model) die de waargenomen verschijnselen ordent en beschrijft
- oefenen in het vooraf nadenken over de mogelijke uitkomst van een proef (voorspellingen doen, hypothesen opstellen)
- leren omgaan met eenvoudige elektrische meetinstrumenten, zoals stroom- en spanningsmeters.

En verder:

- met plezier en met elkaar actief bezig zijn.



Het is de bedoeling dat leerlingen *na* "Elektrische Schakelingen":

- zich een bepaald minimum aan fysische leerstof (zie bijlage D1) hebben eigen gemaakt en die leerstof waar nodig kunnen hanteren in volgende thema's
- stroom- en spanningsmeters op een juiste manier in een schakeling kunnen gebruiken voor het meten van de fysische grootheden stroomsterkte en spanning (meters op de juiste manier in de schakeling opnemen, het meetbereik aanpassen aan de gemeten grootheid, meetwaarden juist aflezen, enz.).

DOELEN VOOR DE LERAAR

Het is de bedoeling dat de leraar *tijdens* "Elektrische Schakelingen":

- op een afwisselende wijze de gekozen leerstof en practicum-opdrachten plant, bespreekt en behandelt
- bijhoudt of bij laat houden wat elke leerling/elk groepje doet in de lestijd en of daarbij voortgang geboekt wordt (afgemeten aan de hiervoor genoemde doelen voor de leerlingen)
- de leerlingen stimuleert en begeleidt bij het werken in groepen en hen laat merken dat hij belangstelling heeft voor het verloop daarvan.

En verder:

- met plezier met de leerlingen werkt.

Het is de bedoeling dat de leraar *na* "Elektrische Schakelingen":

- zin heeft om met de natuurkundelessen verder te gaan
- van de meeste leerlingen een indruk heeft waar het de opgedane kennis, de manier van werken, initiatief en gedrag in de groep betreft, en deze indruk op een voor de school en de leerlingen bevredigende manier in een "eindoordeel" kan uitdrukken
- een paar voorbeelden kan beschrijven van momenten/klasesituaties waarin hij naar eigen indruk goed functioneerde en van situaties waarin hij achteraf gezien anders had willen functioneren.

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

SAMENWERKING MET HET NBLC EN HET NIAM

In samenwerking met het PLON heeft het NBLC lijsten gemaakt met boeken, dia's, films, tijdschriften en dergelijke die bruikbaar zijn als aanvulling op de thema's.

Inlichtingen bij:

Het Nederlands Bibliotheek- en Lectoriumcentrum
t.a.v. M. Bartling
Taco Scheltemastraat 5
2509 AB Den Haag
tel. 070-264351.

Verdere informatie en de adressen vindt u in de AVOL's van de thema's "Een Eerste Verkenning" en "Bruggen".

In samenwerking met het NIAM heeft PLON-proefschoolleraar Theo Boks een aantal films uitgezocht bij verschillende thema's. Op de volgende bladzijden vindt u zijn lijst voor het instructieboek "Elektrische Schakelingen", waarin hij korte omschrijvingen en gebruikssuggesties geeft van enkele toepasselijke films.

INLEIDING

Bij elk PLON-thema is een lijst gemaakt van mogelijk te gebruiken films en/of video-banden, die te verkrijgen zijn bij:

NIAM
Sweelinckplein 33
2502 JK Den Haag
tel. 070-600924

TFC
Arnhemsestraatweg 17
6881 NB Velp (Gld)
tel. 085-629188.

De nummers voor de titels zijn die van het NIAM; staat er achter de titel de opmerking - video -, dan betekent dit dat de film ook op video beschikbaar is. De nummers van het TFC zijn achter de titels vermeld.

De volgorde waarin de films/video-banden staan vermeld, geven een voorkeur voor het gebruik aan. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat de keuze, bij het nastreven van bepaalde doeleinden, niet automatisch op de eerste films/banden hoeft te vallen.

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

VOOR DE 3e KLAS:

ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN (INSTRUCTIEBOEKJE)

VC 40702	Elektriciteit Thuis	(alleen video)		
1756	Elektriciteit, een vorm van energie			
	Opwekking van elektriciteit		TFC	6407
3145	Hoe werkt de radio	(video)	TFC	5015
3149	Hoe werkt de televisie	(video)	TFC	5016
1745	Elektrostatisch kopiëren	(video)		
1792	Elektrostatische luchtfilter- ring	(video)		
3123	Interludium electronicum	(video)	TFC	120390

VC 40702 Elektriciteit Thuis
video-kleur-geluid-30 min. - 1974

Inhoud:

De inleiding laat ons de elektrische apparaten zien die ons in het dagelijkse leven omringen. Het gebruik van elektriciteit is vooral een gevolg van de eenvoud waarmee deze energievorm getransporteerd kan worden.

Daarna wordt uitgelegd hoe de elektriciteit stroomt, hoe wij elektriciteit gebruiken en hoe dit gebruik wordt gemeten.

De betekenis van de grootheden stroom, spanning, elektrisch vermogen en elektrische energie en de bijbehorende eenheden komt aan de orde.

Na enkele demonstraties volgt de verklaring van de elektrische verschijnselen met behulp van de elektronen.

Toepassing:

De band is een goede inleiding op het instructieboek. De toepassingen zijn genomen uit het dagelijkse leven en zeer praktisch.

1756 Elektriciteit, een vorm van energie
16 mm film-kleur-geluid-9 min. - 1975

Inhoud:

De film laat energie-omzettingen zien.

Elektrische energie is een secundaire energievorm; deze energievorm is verkregen op een kunstmatige manier uit energiebronnen die in de "natuur" beschikbaar zijn. De elektriciteitscentrales werken met waterkracht, fossiele brandstof en kernenergie; deze processen worden getoond.

Hierna volgen enkele beelden over het transport van elektrische energie met de veel voorkomende gebruiksvormen.

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

Toepassing:

De film geeft in het kort weer, hoe elektriciteit wordt opgewekt en toegepast. Het is gewenst, als de film als inleiding op het thema wordt gebruikt, eerst de "eenheden" te behandelen.

Opwekking van elektriciteit

TFC 6407

16 mm film-kleur-geluid-10 min. - 19..

Inhoud:

Aan de hand van enkele eenvoudige laboratoriumproeven worden de beginse-
len van het opwekken van elektriciteit toegelicht. Hierna wordt uitgelegd
hoe waterkracht en stoomkracht gebruikt kunnen worden voor het opwekken
van elektriciteit in de centrales.

Toepassing:

Als overgang naar het thema "Energie Thuis"; een aardige afsluiting van
dit instructieboek.

De volgende films tonen praktische toepassingen van elektriciteit en/of
magnetisme. Ze passen niet bij één thema in het bijzonder, maar zijn ge-
schikt als extra informatie bij het onderwerp "elektriciteit".

3145 Hoe werkt de radio

TFC 5015

16 mm film-kleur-geluid-9 min. - 19..

Inhoud:

Door middel van tekeningen wordt uiteengezet hoe men geluid kan uitzen-
den en weer opvangen op een plaats die ver van het punt van uitzending
verwijderd is. Het basisprincipe wordt, voor niet ingewijden, duidelijk
gemaakt.

3149 Hoe werkt de televisie

TFC 5016

16 mm film-kleur-geluid-9 min. - 19..

Inhoud:

Het principe van de televisie wordt in deze tekenfilm uiteengezet. Een
beeld wordt in een camera opgenomen, dan vastgelegd op een signaalplaat
en vervolgens wordt deze plaat afgetast door een elektronenstraal.
In het ontvangtoestel wordt het beeld lijn voor lijn op de fluorescerende
laag van het scherm geschreven.

- Inhoud:

De film laat tenslotte zien hoe leerlingen met eenvoudige experimenten het principe van het elektrostatisch kopiëren kunnen onderzoeken.

- ## Inhoud:

Zuivere lucht is onmisbaar voor het leven op aarde; daarom vormt luchtverontreiniging een ernstige bedreiging. Bij het voorkómen en bestrijden van luchtverontreiniging spelen luchtfilters een belangrijke rol. In een elektrostatisch luchtfilter worden verontreinigende deeltjes elektrisch geladen en in het elektrische veld tussen grote vlakke condensatorplaten uit de langs de platen stromende lucht getrokken. De film behandelt zowel het principe als de toepassing.

- ## Inhoud:

De film toont de praktische toepassingen van de elektronica bij gezondheidszorg, bodemonderzoek, agrarische experimenten, verkeer, industrie en ruimtevaart.

LERARENVRAGENLIJST

We zijn benieuwd naar uw ervaringen met het instructieboek "Elektrische Schakelingen". Uw opmerkingen, commentaar en ervaringen kunnen wij mogelijk verwerken in de volgende versie van deze AVOL.

Wij zouden het daarom erg op prijs stellen als u onderstaande vragenlijst ingevuld zou willen toesturen naar het PLON

Lab. Vaste Stof
t.a.v. Ton van der Valk
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

Leest u de vragenlijst eerst even in grote lijnen door, dan krijgt u een indruk hoe u de lijst "economisch" kunt invullen, terwijl u toch uw enthousiasme en uw kritiek kwijt kunt.

OVER DE LERAAR EN DE SCHOOL

Naam leraar

Naam school Plaats

Leservaring natuurkunde: . . . jaar, waarvan . . . jaar met PLON

In welke klassen hebt u met het instructieboek "Elektrische Schakelingen" les gegeven (leerjaar/schooltype)

Hoeveel leerlingen waren dit in totaal? . . . leerlingen

Hoeveel natuurkunde-uren hebt u per week per klas beschikbaar?

.

ALGEMENE VRAGEN OVER HET ONDERWIJS

Hoe kwam u "Elektrische Schakelingen" op het spoor?

Proefschool/volgschool/anders, nl.:

.

.

LERARENVRAGENLIJST

Kent u andere PLON-thema's ja/nee

Opmerkingen hierover:
.
.
.

OVER "ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN"

Had u een amanuensis om u te helpen? ja/nee

Hoeveel tijd heeft u zelf besteed aan de technische voorbereiding (de proeven) en dergelijke uur.

Hoeveel tijd heeft u zelf besteed aan de inhoudelijke voorbereiding (lessenplan, proeven, etc.) uur.

Opmerkingen hierover:
.
.
.

Wilt u hieronder uw lessenplan voor "Elektrische Schakelingen" weer-
geven?

.
.
.
.
.
.
.
.
.
.

LERARENVRAGENLIJST

Heeft u toetsen/proefwerken gegeven? ja/nee

Zo ja, dan zouden wij het op prijs stellen als u (een copie van) de opgaven bijsluit.

Heeft u materiaal bijgemaakt; in welke vorm dan ook? ja/nee

Zo ja, dan zouden wij het op prijs stellen als u een copie daarvan bijsluit.

KRITIEK OP HET MATERIAAL

Hieronder kunt u uw positieve en negatieve opmerkingen over de afzonderlijke delen van het materiaal kwijt (te lang, te kort, weglaten, inkorten, te moeilijk, voorstellen voor verbetering, etc.)

Instructieboek basisdeel:
.
.
.
.
.

Instructieboek leesteksten:
.
.
.
.
.

De apparatuurgids:
.
.
.

LERARENVRAGENLIJST

De AVOL:

.
.
.
.

KRITIEK OP HET TOTAALCONCEPT

Welke leerstof was te moeilijk?

.
.
.

Welke leerstof was te makkelijk?

.
.

Welke leerstof moet vervallen?

.
.

Waarom moet ze vervallen?

.
.

Welke leerstof moet worden toegevoegd?

.
.

Waarom?

.
.

Welke onderdelen van het lessenplan uit de AVOL (blz. 9) zou u willen veranderen?

.
.
.

LERARENVRAGENLIJST

Noemt u a.u.b. drie bijzondere voordelen van "Elektrische Schakelingen"

.....

.....

.....

Noemt u a.u.b. drie bijzondere nadelen van "Elektrische Schakelingen"

.....

.....

.....

Gaat u "Elektrische Schakelingen" volgend jaar weer gebruiken? ja/nee

Huidige examenlijst	PLON-examenlijst mavo	Verande- ringen met x aangeven
---------------------	-----------------------	---

ELEKTRICITEIT

1.	Isolatoren en geleiders	Isolatoren en geleiders	
2.	Positieve en negatieve lading	Positieve en negatieve lading in metalen	x
3.	Elektrische spanningsbronnen	Elektrische spanningsbronnen	
4.	Eigenschappen van elektrische stromen: richting, sterkte, warmteontwikkeling, chemische werking, magnetische werking	Eigenschappen van elektrische stromen: richting, sterkte, warmteontwikkeling, chemische werking, magnetische werking	
5.	Lineair verband tussen spanning en stroomsterkte bij metalen geleiders van constante temperatuur; Wet van Ohm	Verband tussen spanning en stroomsterkte bij geleiders van constante temperatuur	x
6.	Elektrische weerstand	Elektrische weerstand $R = \frac{V}{I}$	x
7.	Afhankelijkheid van de weerstand van een draad van lengte, oppervlak van de doorsnede, soort materiaal en temperatuur (afhankelijkheid temperatuur kwalitatief); soortelijke weerstand	Afhankelijkheid van de weerstand van een draad van lengte, oppervlak van de doorsnede, soort materiaal en temperatuur (kwalitatief)	x
8.	Serie- en parallelschakeling van weerstanden; vervangingsweerstand	Serieschakeling van weerstanden; parallelschakeling van weerstanden	x
9.	Spanningsdeler (potentiometer)	Spanningsdeler (potentiometer)	

BIJLAGE D1

10.	Stroommeter, spannings- meting door meting van stroomsterkte; weerstandsmeting met stroom- en spannings- meter	Stroommeter, spannings- meter; weerstandsmeting met stroom- en spannings- meter	x	-
11.	Energie en vermogen van een elektrische stroom; warmte-ontwikkeling door een elektrische stroom; Wet van Joule	Energie en vermogen van een elektrische stroom; vermogensmeting met be- hulp van spannings- en stroommeter; energiemeting met behulp van de kWh-meter	x	
12.	Kortsluiting en over- belasting	Kortsluiting, overbelas- ting, smeltveiligheid (zekering); functie van randaarde	x	
13.	Krachten tussen elek- trisch geladen voorwer- pen	-	x	
14.	Elektrische influentie	-	x	
15.	Elektrisch veld	-	x	

1. Isolatoren

In "Mensen en Metalen" wordt behandeld dat metalen geleiders zijn en dat geleiding één der vier eigenschappen is waaraan metalen te herkennen zijn.

In "Elektrische Schakelingen", "Energie Thuis" en "Schakelen en Regelen" wordt veel met metalen geleiders en isolatoren gewerkt.

In "Schakelen en Regelen" leren leerlingen, dat een LDR stroom beter geleidt bij lichtinval en dat een metaaldraad die verhit wordt, de stroom meestal slechter geleidt: zijn weerstand wordt dan groter.

2. Positieve en negatieve lading

Leerlingen leren dat elke stof bestaat uit atomen, waarin elektronen rond de kern cirkelen; leerlingen leren ook dat het de elektronen zijn die door een metaaldraad als "elektrische stroom" stromen.

In een aantal leesteksten in "Elektrische Schakelingen" wordt ook iets verteld over de eigenschappen van positieve en negatieve lading.

In de basisstof in het curriculum wordt dus weinig gedaan aan de elektrostatica (zie ook van deze groep de onderwerpen 13, 14 en 15). Wij hebben de nadruk eerder gelegd op het werken met de elektrische stroom (bijvoorbeeld schakelingen maken, meters aansluiten) en op de gevolgen van elektrische stroom (zoals bijvoorbeeld warmte-ontwikkeling).

Wel vinden we dat leerlingen een idee moeten hebben wat er in een (metalen) geleider gebeurt als een stroom loopt, vandaar de wijziging in het examenprogramma. Dit onderwerp lijkt ons moeilijk toetsbaar.

3. Spanningsbronnen

In het PLON wordt veel gewerkt met batterijen, voedingskastjes en dynamo's, allemaal spanningsbronnen. Van de batterij wordt niet behandeld hoe hij werkt. Wel weet iedere leerling door ervaring op school hoe hij een batterij, voedingskast of dynamo moet bedienen en/of aansluiten.

Ook hier wordt gekozen voor het "werken met" in plaats van "het verklaren van". Leerlingen weten, dat twee of meer spanningsbronnen in serie een grotere spanning leveren, dan een enkele spanningsbron.

BIJLAGE D1

4. Eigenschappen van elektrische

Leerlingen komen deze eigenschappen veel tegen in experimenten en in de theorie. De chemische werking als eigenschap van een elektrische stroom wordt alleen onder verwijzing naar de scheikunde genoemd. De eigenschappen worden niet uit het hoofd geleerd, maar er wordt gebruik van gemaakt in diverse situaties.

5. Verband tussen spanning en

6. Elektrische weerstand

Met behulp van een aantal experimenten onderzoeken leerlingen het verband tussen spanning en stroom in een geleider. Leerlingen ontdekken dan dat dit verband lineair is voor metaaldraden, als de temperatuur constant blijft. Hiermee is de regel $\frac{V}{I} = R$ (de wet van Ohm) af te leiden.

Leerlingen ontdekken in andere experimenten dat het verband niet altijd lineair is. Ze merken bijvoorbeeld dat de elektrische weerstand kan veranderen door temperatuurverandering (zie onderwerp 7 van deze groep), door geluidstrillingen of door lichtintensiteitsveranderingen. Leerlingen ervaren dit in drie verschillende contexten. De weerstandsverandering door temperatuurverandering ontdekken ze bij het bepalen van de weerstand van draden of lampjes (in "Elektrische Schakelingen"). De weerstandsverandering door geluidstrillingen leren ze bij de koolmicrofoon (in "Geluid Weergeven"). De weerstandsverandering door lichtinval leren ze bij regelsystemen waar gebruik gemaakt wordt van LDR's (in "Schakelen en Regelen").

Over de elektrische weerstand leren leerlingen in "Elektrische Schakelingen", dat de weerstand groter of kleiner wordt bij serie- respectievelijk parallelschakeling. In "Schakelen en Regelen" werken leerlingen veel met regelbare weerstanden om de gevoeligheid van een schakeling te kunnen vergroten of verkleinen.

De leerlingen komen dus meer praktisch dan wetenschappelijk met het begrip elektrische weerstand in aanraking. Dit is ook de reden dat we de formulering in de examenlijst iets willen veranderen. Naar ons idee geeft de formulering in de PLON-examenlijst iets beter aan dat $\frac{V}{I} = R$ een rekenregel is waarmee de weerstand uitgerekend kan worden, als spanning en stroom gegeven of gemeten zijn. De achtergrond van de rekenregel, het lineaire verband tussen spanning en stroom, wordt minder benadrukt.

7. Afhankelijkheid van de weerstand

Dit onderwerp wordt behandeld in de context van "warmte-ontwikkeling in de stroomdraad". Dit gebeurt vooral bij het ontwerpen van schakelingen zoals een knipperlichtschakeling (in "Schakelen en Regelen"). Door veranderingen aan te brengen in de warmte-ontwikkeling in een draad, die om een bimetaal gedraaid zit, kan de knippertijd veranderd worden.

In "Elektrische Schakelingen" meten de leerlingen de weerstand van korte en lange draden en merken ze de afhankelijkheid van de temperatuur op.

De verandering in de examenlijst heeft twee redenen. We behandelen dit onderwerp vooral in de context van schakelsystemen, bij het gevoelig en minder gevoelig maken van schakelingen. Het is dan meer dan voldoende als leerlingen dit onderwerp kwalitatief kennen.

Een tweede reden is, dat de examenlijst erg vol is. Deze verandering geeft leerlingen en leraren wat meer ruimte.

8. Serieschakeling

Leerlingen leren in "Elektrische Schakelingen" over de eigenschappen van serie- en parallelschakelingen. Ze ontdekken hoe een serie- of parallelschakeling de stroomgrootte beïnvloedt en hoe de weerstand toe- of afneemt.

Leerlingen passen dit ook toe bij de elektriciteit thuis. Ze zien dat lampen en apparaten thuis parallel geschakeld zijn en dat meer lampen een grotere stroom en meer energie verbruiken (zie ook onderwerp 12 van deze groep).

Ze leren ook dat als driemaal zoveel lampen met dezelfde weerstand parallel geschakeld worden de weerstand driemaal zo klein wordt.

In "Elektrische Schakelingen" leren leerlingen hoe in een stroomkring zonder vertakkingen (een serieschakeling) de spanning zich verdeelt over de weerstanden in de stroomkring. Ook in "Schakelen en Regelen" zijn de schakelingen serieschakelingen, zoals de thermostaat, waakvlambeveiliging, de LDR-schakeling. Meestal moet daar iets aan- of uitgezet worden.

De vervangingsweerstand bij serieschakelingen wordt niet expliciet behandeld, wel wordt gerekend met de totale weerstand in een kring. De parallelschakelingen worden niet kwantitatief behandeld (dus niet:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots)$$

omdat deze wet aan leerlingen moeilijk duidelijk te maken is, tenzij met een grote tijdsinvestering. Voor dit laatste kiezen we niet.

BIJLAGE D1

Wel goed over te dragen is het (semi-)kwantitatieve redeneren over stroomgroottes in lampen of draden, die parallel zijn geschakeld. Leerlingen hebben dus geen ervaring met de combinaties van serie- en parallelschakeling.

9. Spanningsdeler

In "Schakelen en Regelen" wordt leerlingen geleerd hoe de spanning zich in een kring opdeelt over de weerstanden in een kring. Daarna zien ze hoe het spanningsverval over een draad evenredig is met de lengte van de draad. Ze werken ook even met een potentiometer.

10. Stroommeter

Leerlingen onderzoeken het verband tussen spanning en stroom (zie de onderwerpen 5 en 6 van de groep) experimenteel en ontdekken de regel $\frac{V}{I} = R$. Ze hebben niet geleerd dat spanningsmeting eigenlijk een stroommeting is. We hebben de nadruk gelegd op het praktisch werken met de spannings- en stroommeters in een groot aantal situaties en niet op het verklaren van het verschil tussen spanning- en stroommeters. Vandaar de verandering in formulering. Zie ook onderwerp 11 van deze groep.

11. Energie en vermogen

Aan energie en vermogen van een elektrische stroom wordt in de cursus veel aandacht besteed. In "Energie Thuis" gaat het vooral om energieverbruik van elektrische apparaten. Dit kunnen leerlingen meten met een kWh-meter of met de berekening energie = vermogen x tijd.

Aan de kWh-meter kunnen leerlingen aflezen hoeveel kWh elektrische energie aan een apparaat in een bepaalde tijd is toegevoegd. Leerlingen kunnen deze hoeveelheid energie ook omrekenen in joule. Met behulp van de gegevens van de kWh-meter kunnen leerlingen rendementsberekeningen maken, als ook de afgestane energie in een apparaat bekend is.

In "Verwarmen en Isoleren" leren leerlingen hoe ze met volt- en ampèremeter het vermogen van een elektrisch verwarmingsapparaat kunnen bepalen ($P = V \cdot I$). De naam "wet van Joule" is bij deze berekeningen weggelaten.

In "Schakelen en Regelen" en "Machines en Energie" wordt die kennis gebruikt bij het bepalen van het vermogen van diverse elektrische apparatuur, zoals gloeispiralen (zie ook onderwerp 7), dompelaars, dynamo's en elektromotoren (hijsen). Ook worden hiermee rendementsberekeningen gedaan.

De verandering in de formulering in de examenlijst volgt uit het bovenstaande.

12. Kortsluiting

De smeltveiligheid is bij het elektriciteitsgebruik thuis belangrijk ter voorkoming van overbelasting en brandgevaar. Leerlingen experimenteren in "Energie Thuis" uitgebreid met een opstelling waarin steeds meer parallel geschakelde brandende lampen uiteindelijk een smeltveiligheid doen doorbranden en vertalen dit naar de situatie thuis. Ook de functie van de randaarde wordt in "Energie Thuis" besproken.

De uitbreiding met smeltveiligheid en de functie van randaarde is gedaan, omdat beide toepassingen in ieder huis te vinden zijn en deze elektrische principes mooi illustreren.

13. Krachten tussen elektrisch geladen voorwerpen

14. Elektrische influentie

15. Elektrisch veld

In PLON wordt onderwerp 13 even toegelicht in een leestekst in "Elektrische Schakelingen". Verder gebeurt er niets aan de hierboven genoemde onderwerpen. Dit is moeilijk te verdedigen, omdat er leuke of belangrijke situaties te bedenken zijn waarin deze onderwerpen voorkomen (bijvoorbeeld elektrostatisch vuil uit fabrieksrook halen).

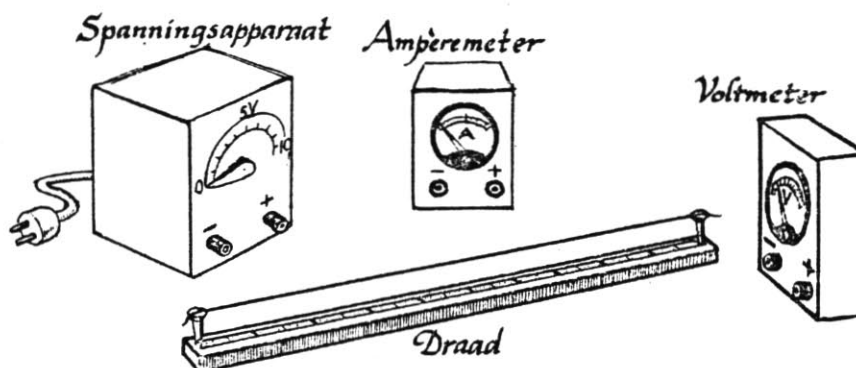
BIJLAGE D1

Onze argumenten om het niet te behandelen zijn vooral: we hebben een overladen programma en als we het zouden behandelen willen we het goed behandelen, zodat de leerlingen enig inzicht krijgen in praktische situaties waar elektrostatische verschijnselen een rol spelen. Daar is geen tijd voor, omdat de prioriteit nu vooral ligt bij het praktisch werken met elektrische stroom.

Het behandelen van de elektrostatica uitsluitend daarbij als achtergrondinformatie heeft niet onze voorkeur omdat het dan voor de leerlingen te ver van het praktische werken afstaat.

1. Je wilt een experiment doen om het verband te bepalen tussen de elektrische weerstand en de lengte van een metaal draad.

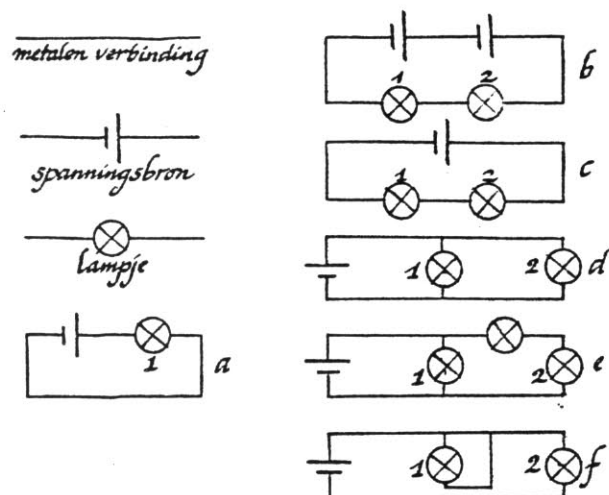
Je verzamelt de getekende apparatuur, aansluitsnoeren en wat je verder nodig hebt.



- a. Teken hierboven een schema van de elektrische schakeling waarmee de gewenste metingen kunnen worden gedaan.
- b. Geef daarna in bovenstaande tekening aan hoe de verbindingen in werkelijkheid moeten worden gemaakt.
- c. Beschrijf:
- welke metingen je zou doen
 - welke berekeningen je zou maken
 - hoe je met behulp van de gegevens tot de relatie tussen weerstand en lengte van de draad komt

BIJLAGE D2

2.



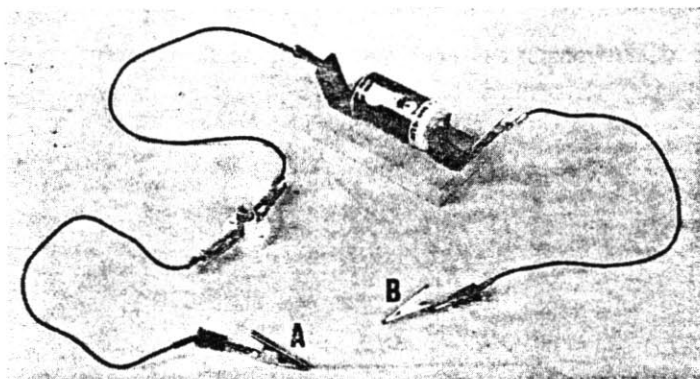
In bovenstaande schema's van schakelingen komen gelijkspanningsbronnen en lampjes voor.

Iedere spanningsbron levert een constante spanning van 1,5 volt. De lampjes branden normaal als ze gevoed worden met een spanning van 1,5 volt. In schakeling *a* zendt het lampje 1 dus normaal licht uit.

Geef hieronder met een + aan als het desbetreffende lampje normaal gloeit, met $\pm$ als het minder helder brandt en met 0 als het géén licht uitzendt.

Schakeling	lampje 1	lampje 2
<i>b</i>	_____	_____
<i>c</i>	_____	_____
<i>d</i>	_____	_____
<i>e</i>	_____	_____
<i>f</i>	_____	_____

3. Bekijk de volgende schakeling.



Als je tussen A en B verschillende metaaldraden klemt, gaat het lampje soms fel, soms normaal, soms héél zwak branden.

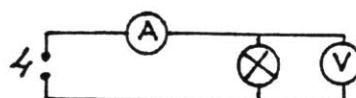
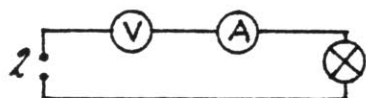
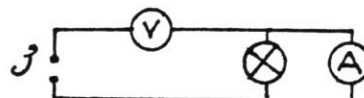
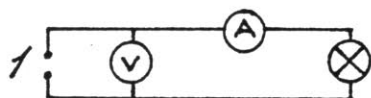
In de volgende tabel staan de waarnemingen:

draad			lampje brandt		
nr. metaal	lengte	diameter	fel	normaal	zwak
1. aluminium	1 m	0,2 mm	x		
2. aluminium	0,5 m	0,2 mm	x		
3. ijzer	1 m	0,2 mm		x	
4. ijzer	1 m	0,4 mm	x		
5. constantaan	1 m	0,2 mm			x
6. chroomnikkel	1 m	0,4 mm			x

- a. Noem de nummers van de draden met de grootste weerstand.
-
- b. Verklaar dat het lampje bij de ene ijzerdraad (nr. 4) feller brandt dan bij de andere (nr. 3).
-
-
- c. Leg uit dat aan de tabel te zien is dat aluminium een kleinere soortelijke weerstand heeft dan ijzer.
-
-
-

BIJLAGE D2

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

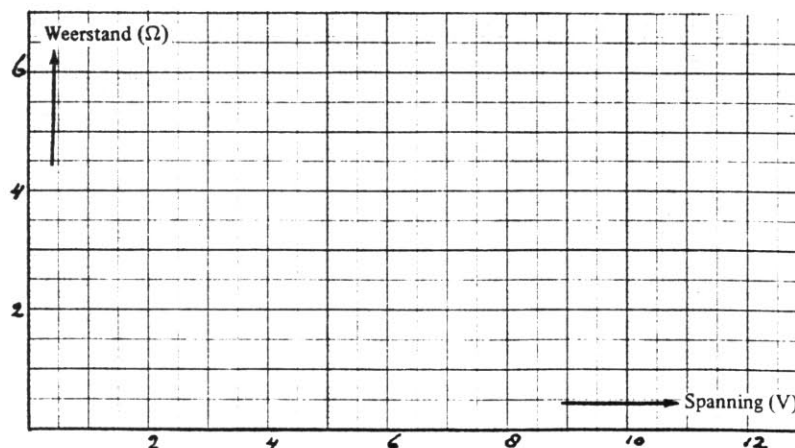


- a. Welke schakeling(en) is (zijn) geschikt ? _____

Hier volgen de meetresultaten:

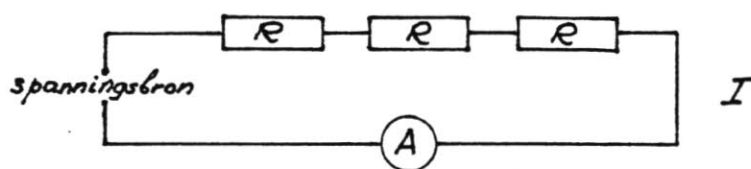
spanning (V)	stroomsterkte (A)
2	0,8
4	1,2
6	1,5
8	1,7
10	1,9
12	2,0

- b. Schets met behulp van deze gegevens de grafiek, die het verband weer-
geeft tussen de spanning en de weerstand.



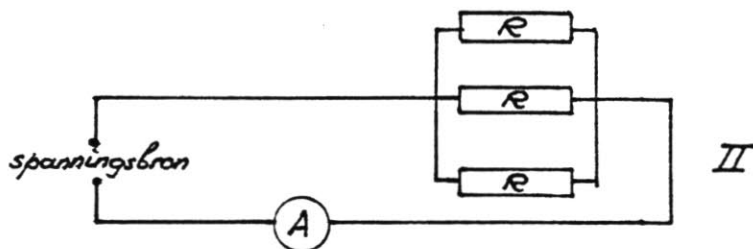
- c. Tot welke conclusie kom je op grond van deze grafiek ?

5. Drie gelijke weerstanden zijn met een ampèremeter in serie aangesloten op een constante spanningsbron (zie figuur I).



De ampèremeter geeft 54 mA aan.

Als men deze weerstanden parallel schakelt (zie figuur II), zal de stroomsterkte door de ampèremeter veranderen.



Hoeveel zal de ampèremeter in deze schakeling aangeven ?

(Je mag aannemen dat de grootte van de weerstanden niet afhankelijk is van de temperatuur).

BIJLAGE D2

6.



Met de boven getekende spanningzoeker kun je onderzoeken of ergens spanning op staat. Het neonlampje licht op, als er een heel klein stroompje door gaat.

De maximum stroomsterkte die het menselijk lichaam kan verdragen is $2 \cdot 10^{-4}$ A.
De weerstand van het menselijk lichaam kan gesteld worden op $6 \cdot 10^5 \Omega$.

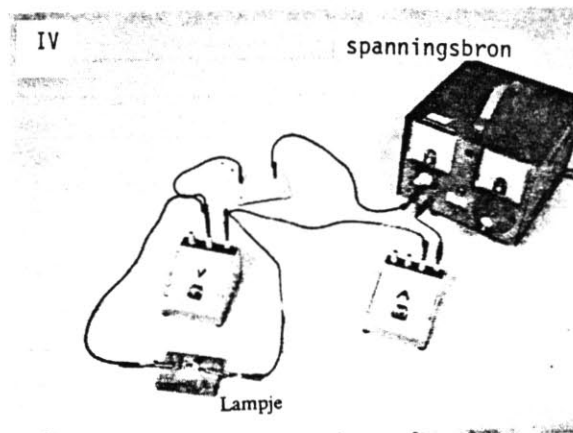
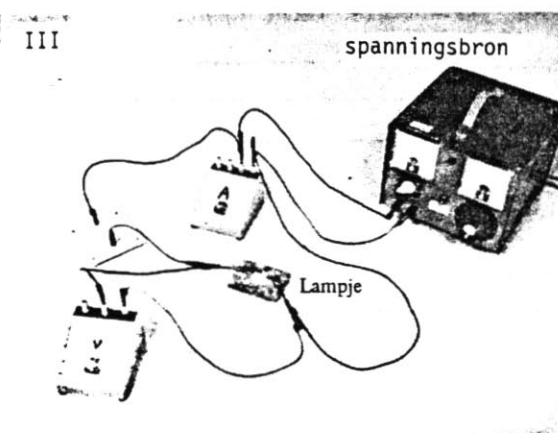
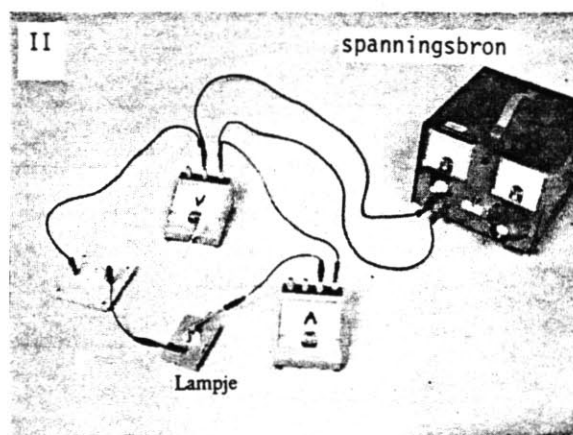
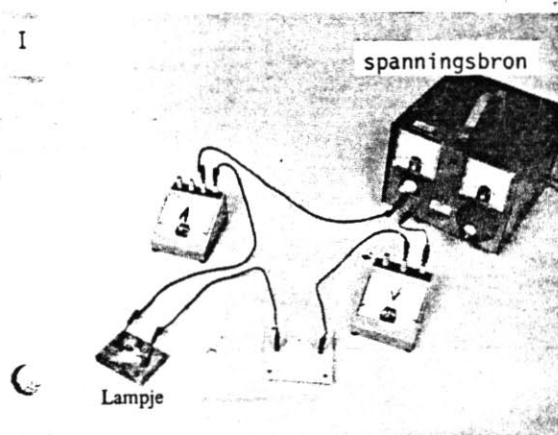
Bereken hoe groot de minimum weerstand in de spanningzoeker moet zijn, om veilig na te kunnen gaan of er op een stopcontact van 220 V spanning staat.

7. Je maakt een schakeling waarmee je de stroomsterkte door een lampje kan bepalen bij verschillende spanningen.

Je gebruikt in je schakeling een schakelaar; steeds als je wilt meten druk je de schakelaar even in. Hieronder is van 4 schakelingen een foto afgedrukt.

a. Op welke twee van de afgedrukte foto's staan goede schakelingen?

Geschikt voor de meting zijn schakeling _____ en _____.



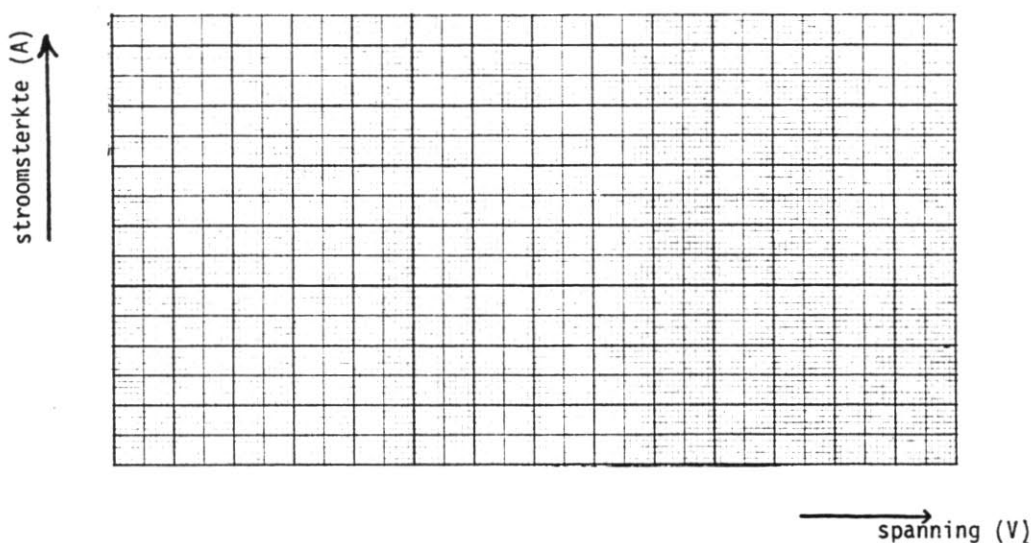
BIJLAGE D2

(vervolg)

In onderstaande tabel staan de meetresultaten voor een lampje van 6 V, 6 W.

spanning (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
stroomsterkte (A)	0	0,40	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,10	1,20	1,25	1,30	1,35	lampje kapot

- b. Zet deze meetresultaten in onderstaand diagram en teken de grafiek.
Kies zelf een zo duidelijk mogelijk assenstelsel.



- c. Geef een verklaring voor het feit dat de grafiek niet recht loopt.

.....

.....

.....

BIJLAGE D2

8. Bekijk goed de meterstanden op deze foto's.
Let op de aansluitdraden.

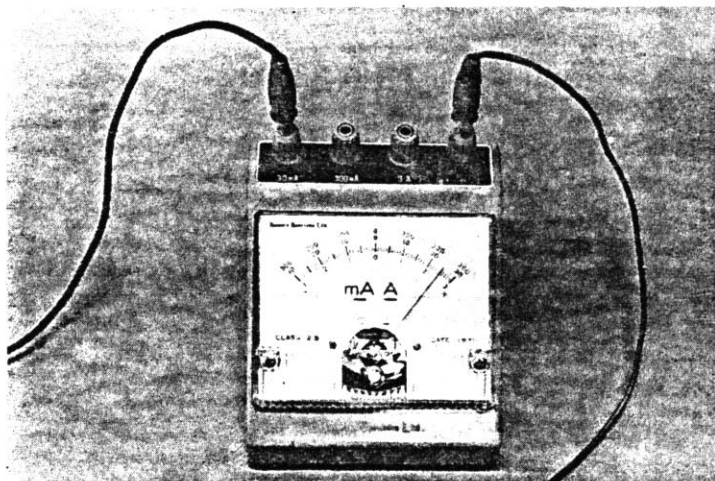


foto A

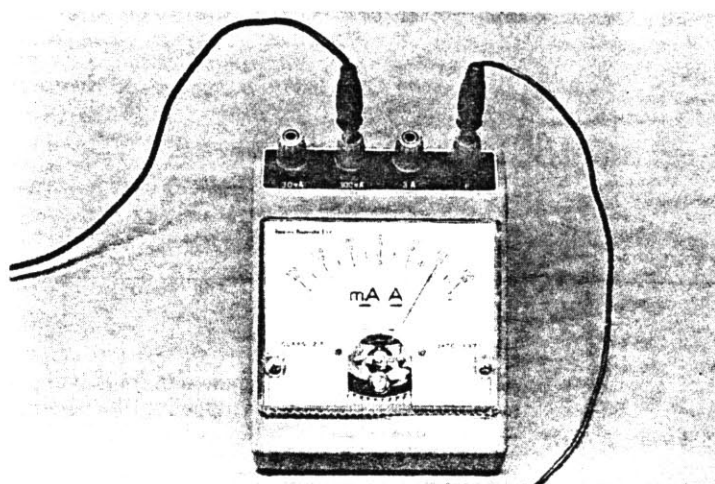


foto B

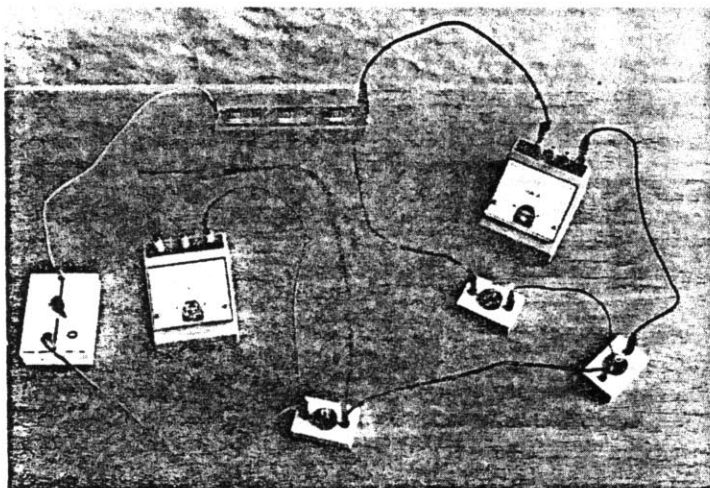
a. Kruis aan:

Welke ampèremeter wijst het meeste aan? ☐ meter A
☐ meter B

b. Hoeveel geeft die meter aan?

BIJLAGE D2

9.



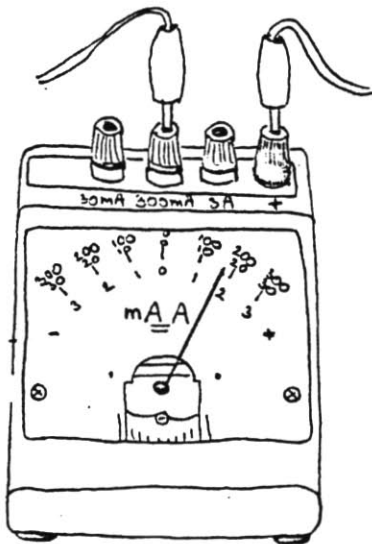
In de schakeling zijn
opgenomen:
— een batterijhouder
— drie lampjes
— een schakelaar en
— twee meters

Teken een duidelijk schema van de schakeling die op de foto hierboven staat.

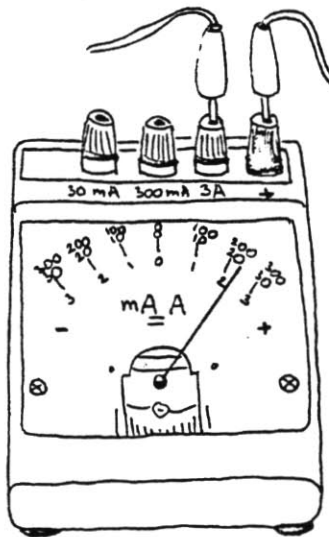
1. Hieronder zie je een aantal symbolen. Zet er in woorden bij wat ze voorstellen.

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

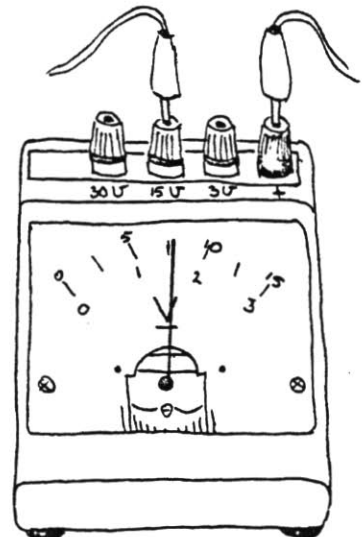
2. Hieronder zijn drie meters getekend. Lees af wat ze aanwijzen en reken het eventueel om.



.... (A) = (mA)



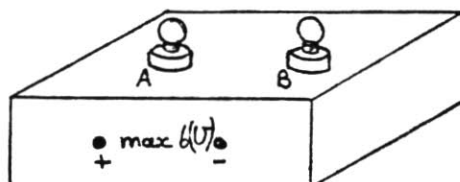
.... (A) = (mA)



.... (V)

3. Op een doosje zitten twee lampjes gemonteerd. De draden zijn niet zichtbaar. Hoe kom je er nu achter of de lampjes in serie- of parallel geschakeld zijn?

.....



BIJLAGE D3

4. Je hebt een weerstandsdraad. Hiervan wil je de weerstand bepalen (je hebt geen weerstandsmeter).

a. Vertel hoe kort je dat doet

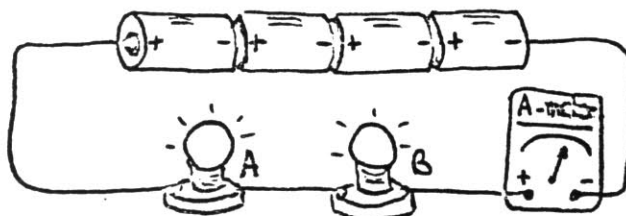
.....
.....

- b. Teken m.b.v. symbolen het schema van de schakeling die je bij a) gebruikt hebt.

Schema:



5. In deze schakeling zijn A en B gelijke lampjes.



de batterijen zijn
1,5 V per stuk

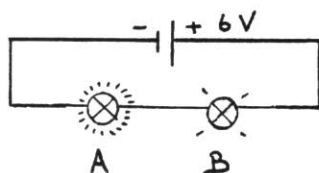
- a. Hoe groot is de spanning die je over A zou meten?

.....

- b. Je vervangt B door een lampje met een grotere weerstand.
Wat merk je aan de stroommeter?

.....

6. Je hebt de volgende schakeling:



lampje A brandt
fel,
lampje B brandt
zeer zwak

Omcirkel het goede antwoord:

- a. 1. De stroomsterkte door lampje A is groter dan door lampje B.
2. De stroomsterkte door lampje A is gelijk aan die door lampje B.
3. De stroomsterkte door lampje B is groter dan door lampje A.

want:

BIJLAGE D³

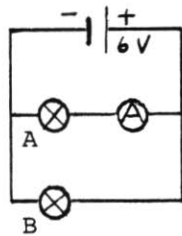
- b. 1. De spanning over lampje A is groter dan over lampje B.
 2. De spanning over lampje A is gelijk aan die over lampje B.
 3. De spanning over lampje B is groter dan over lampje A.

want:

- c. 1. De weerstand van lampje A is groter dan van lampje B.
 2. De weerstand van lampje A is gelijk aan die van lampje B.
 3. De weerstand van lampje B is groter dan van lampje A.

want:

7. a.



De stroommeter wijst 0,5 A aan.
 Bereken de weerstand van lampje A.

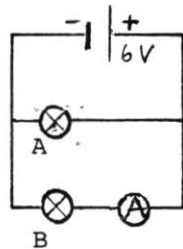
Berekening:

.....

.....

.....

b.



De weerstand van lampje B is 30 Ω .
 Bereken de stroom door lampje B.

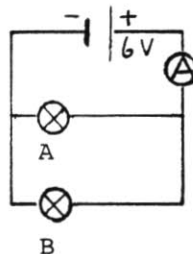
Berekening:

.....

.....

.....

c.



Wat wijst de stroommeter nu aan?

Antwoord:

.....

.....

.....

- d. Geef m.b.v. pijltjes in het schema bij c) aan hoe de stroom loopt.

- e. Lampje brandt het felst, want

.....

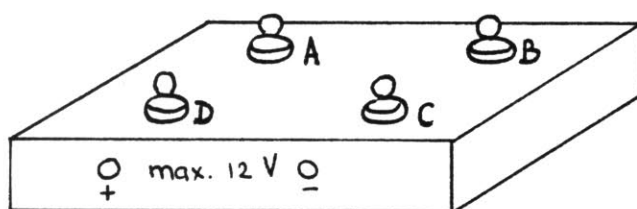
BIJLAGE D3

8. Op een doosje zitten vier lampjes gemonteerd. De draden zijn niet zichtbaar. Teken met behulp van symbolen hoe het schema eruit ziet als je weet dat

- als je alleen lampje A uitdraait, gaan alle lampjes uit
- als je alleen lampje D uitdraait, blijven de andere branden.

Er zijn meerdere oplossingen mogelijk. Geef er één!

Schema:



1. *Theorie:*

Teken hiernaast zelf een schakeling
die waarschuwt tegen inbrekers!

2. *Practicum:*

- a. Hoe staan de volgende lampjes geschakeld: I en II
II en III
I en III

b. Hoe kun je de antwoorden van vraag a) controleren?

.....

c. Wat gebeurt er met de lichtsterkte van I en II als III los gedraaid
wordt?

Geef een mogelijke verklaring

.....

3. *Practicum:*

Onderzoek waarom lampje I niet brandt en geef je verklaring

.....

4. *Practicum:*

a. Meet de stroomsterkte in het circuit:

b. Meet de spanning over het circuit :

c. Bereken de weerstand van het circuit:

5. *Theorie:*

a. Laat hiernaast in een duidelijke
tekening zien hoe de gloeilamp eruit
ziet

b. Hoe komt het dat een gloeilamp (aan-
gesloten op een spanningsbron) licht
uitstraalt?

.....

c. Geef in je tekening aan waar je de + en - van de spanningsbron moet
aansluiten, zodat de lamp gaat branden zonder hulp van een fitting.

BIJLAGE D4

In deze bijlage worden drie keuze-onderzoeken aangeboden als uitbreidingsmogelijkheid op "Elektrische Schakelingen" in het geval dat er in het derde leerjaar havo/vwo drie lessen per week beschikbaar zijn. Het doen van de keuze-onderzoeken maakt het werken aan "Elektrische Schakelingen" wat thematischer, de "Wet van Ohm" wordt functioneel gemaakt door hem te gebruiken bij het ontwerpen van regelschakelingen en bovendien geeft het de leerlingen een keuzemogelijkheid na het doorwerken van "Elektrische Schakelingen".

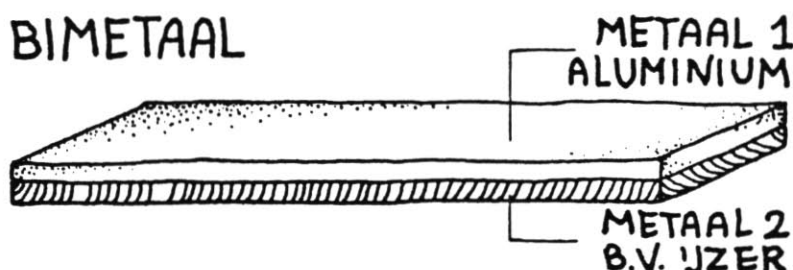
De in deze bijlage opgenomen keuze-onderzoeken zijn gemaakt door Ton Brink. Ze kunnen vrij gecopiëerd worden uit deze AVOL voor gebruik in de klas. In plaats van met deze keuze-onderzoeken is het natuurlijk ook mogelijk om met een aantal exemplaren van het themaboek "Schakelen en Regelen" te werken, waaruit uzelf een aantal proeven en opdrachten selecteert.

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.



WERKING BIMETAAL

Een bimetaal is een strook van twee 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.

De mate waarin een metaal uitzet als de temperatuur 1°C stijgt, geven we aan met de zogenaamde lineaire uitzettingscoëfficiënt van dat metaal. In het BINAS-tabellenboek kun je de waarden van de lineaire uitzettingscoëfficiënt vinden voor de verschillende metalen. Vraag je leraar er maar naar!

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.

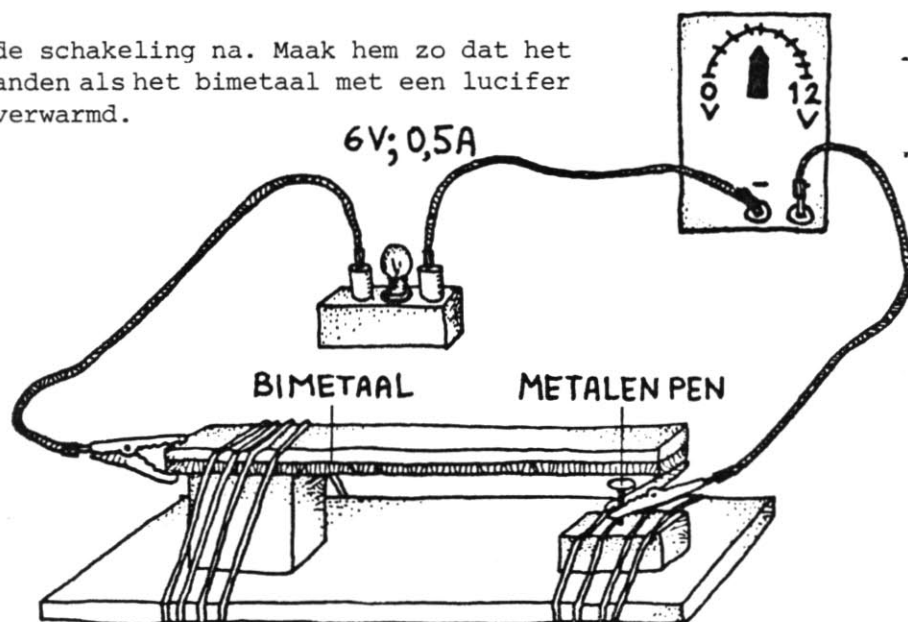
Zie ook proef 10, blz. 7, in het thema "IJs-Water-Stoom".

PROEF 1 Schakelen met een bimetaal

1. Verwarm een bimetaal met een lucifer en kijk wat er gebeurt.

BIJLAGE D4

2. Bouw de volgende schakeling na. Maak hem zo dat het lampje gaat branden als het bimetaal met een lucifer of föhn wordt verwarmd.



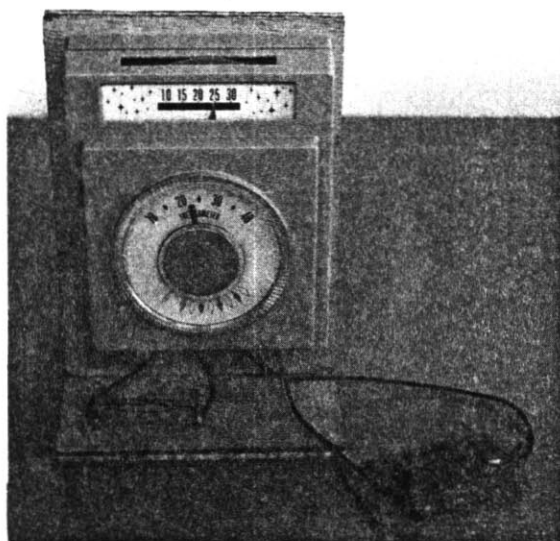
3. Hoe zou je de schakelaar moeten veranderen om te zorgen dat hij bij een kleiner temperatuurverschil het lampje inschakelt?

Het bimetaal wordt onder andere toegepast bij een kamerthermostaat en knipperlicht.

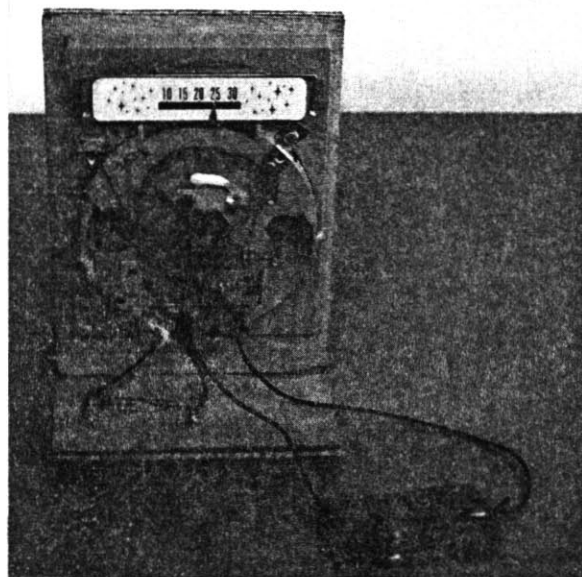
DE KAMERTHERMOSTAAT VAN DE C.V. MET EEN SPIRAALVORMIG BIMETAAL

Bij een spiraalvormig bimetaal zorgt een kwikschakelaar voor het contact.

PROEF 2 De kamerthermostaat



Kamerthermostaat.

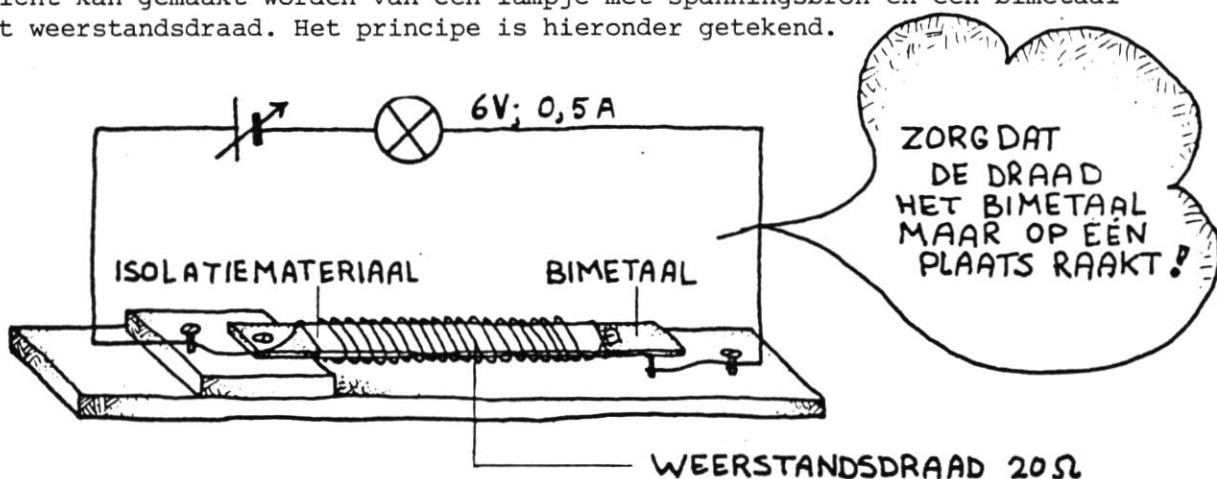


Dezelfde thermostaat zonder beschermkap.

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°C en verwarm hem met een föhn. Kijk hoe de schakeling tot stand komt.
3. Schakel een lampje met deze thermostaat met behulp van verwarming door de föhn.
4. Hoe kun je er voor zorgen dat deze schakelaar bij een lagere temperatuur inschakelt?

EEN KNIPPERLICHT

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



Opdracht 1 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 2
- a. 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.
 - b. 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.

Zie "Elektrische Schakelingen", blz. 39 en 40.

PROEF 3 Een knipperlicht

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

BIJLAGE D⁴

Je hebt nu een knipperlicht gemaakt met een bimetaal. De snelheid van aan- en uitgaan van dat knipperlicht kun je veranderen door een tweede lampje aan te sluiten. In het volgende onderzoek gebruik je een andere manier om het knipperlicht regelbaar te maken. Er wordt een regelbare weerstand in gebruikt: een weerstandsdraad waarvan je de weerstand kunt regelen door het stuk van de weerstandsdraad waar de stroom doorheen loopt langer of korter te maken.

Verder moet je weten hoeveel warmte in een weerstandsdraad vrijkomt als er stroom doorheen gaat. De warmte die per seconde in een weerstandsdraad vrijkomt, vind je door de spanning over de draad en de stroomsterkte in de draad met elkaar te vermenigvuldigen:

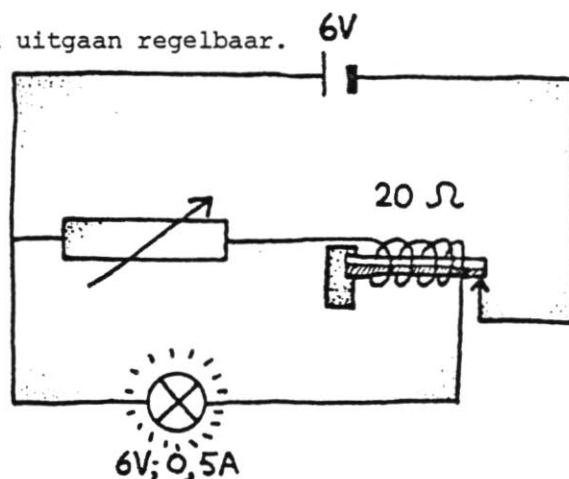
$$\text{warmte-ontwikkeling per seconde} = \text{spanning} \times \text{stroomsterkte}.$$

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

Opdracht 3 Hoe groot kies je de maximale waarde van de regelbare weerstand?

PROEF 4 Knipperlicht

1. Bouw de opstelling na.
2. Probeer of de frequentie inderdaad regelbaar is.
3. Verklaar je waarnemingen.

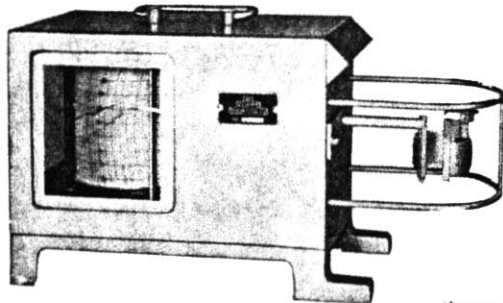


Opdracht 4 Als de regelbare weerstand op 0Ω staat, is de warmte-ontwikkeling in het spiraaltje het grootst. Hoeveel maal zo klein wordt de warmte-ontwikkeling als de stroom door het spiraaltje gehalveerd wordt? (Pas op, ook de spanning over het spiraaltje verandert). Op hoeveel ohm moet de regelbare weerstand nu ingesteld worden? Hoe groot verwacht je dat de knipperfrequentie in het tweede geval is ten opzichte van het eerste geval.

PROEF 5 Regelbare knipperfrequentie

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

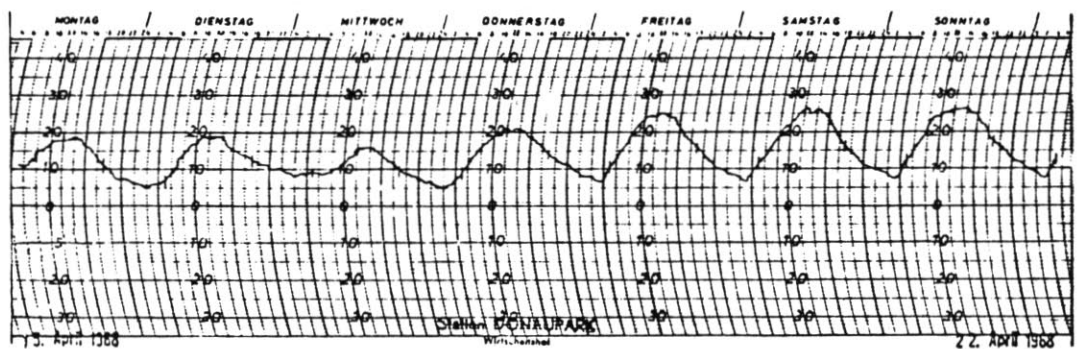
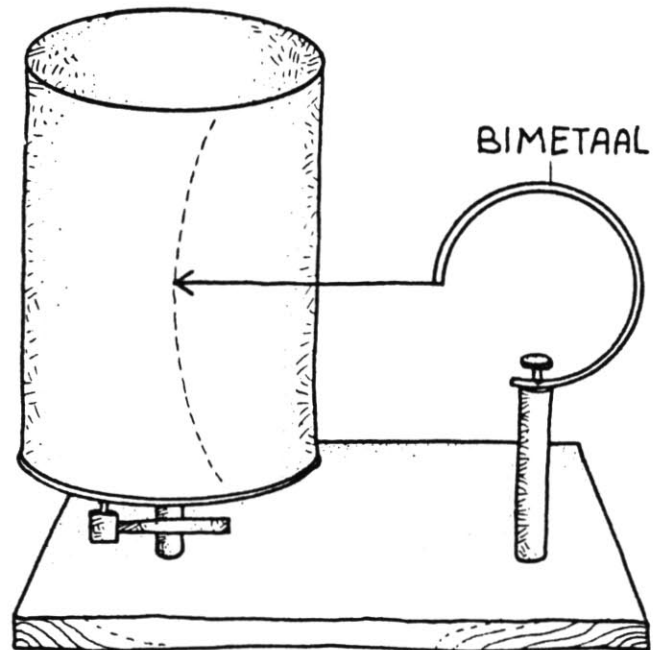
BIMETAALTHERMOMETER



thermograaf

Op de figuur zie je hoe de bimetaalthermometer werkt. Als het bimetaal krommer trekt, komt de wijzer lager. Bimetalen worden onder andere 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)

- Opdracht 5
1. Probeer zelf zo'n thermometer te bouwen. Je kunt hem ijken door de uitslag van de meter te vergelijken met bijv. een kwikthermometer.
 2. Je kunt proberen de thermometer gevoeliger te maken, d.w.z. bij kleinere temperatuurverschillen een grotere uitslag. Hoe zou je dat moeten doen?

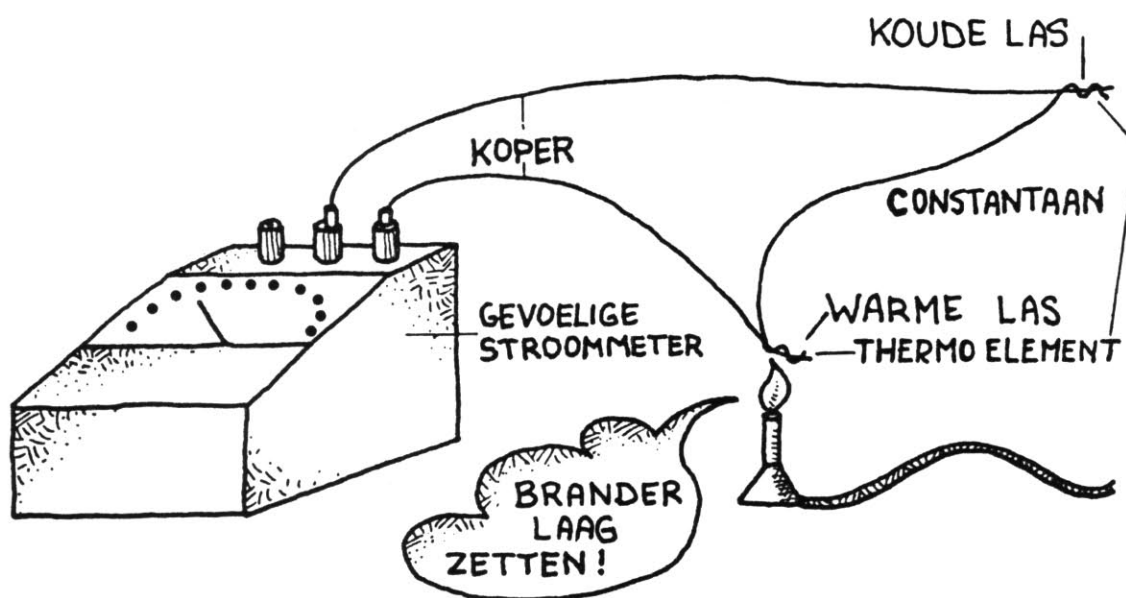
Probeer je idee uit!

2 temperatuurschakeling met thermo-elementen

Een thermo-element (ook wel "thermokoppel" genoemd) bestaat uit twee draden van verschillende metalen (bijv. koper en constantaan), die in elkaar zijn gedraaid of vastgesoldeerd. Die verbinding heet een las.

PROEF 1 Een thermokoppel

1. Maak van twee koperdraden ($\varnothing 0,2$ mm) een constantaandraad ($\varnothing 0,2$ mm) twee thermo-elementen 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.

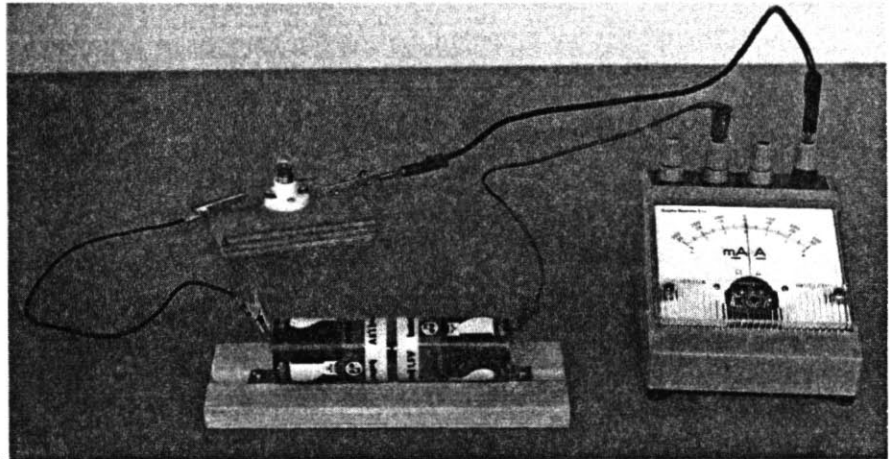
Als je beide lassen tegelijk verwarmt, loopt er geen stroom.

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

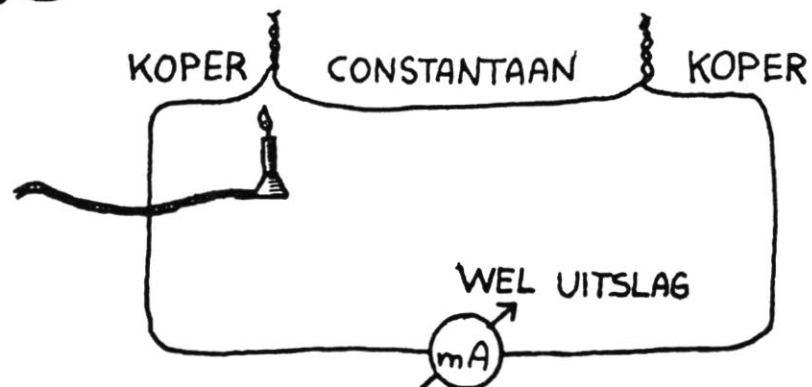
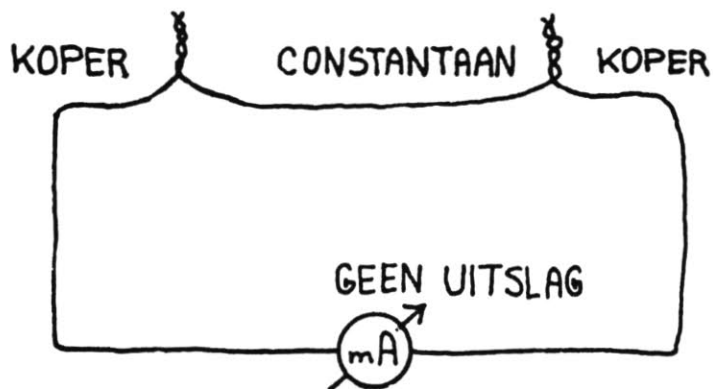
VERKLARING

Als je de uiteinden van twee metaaldraadjes 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 thermo-elementen. De spanning van het ene element wordt tegengewerkt door het andere element. Net zoals twee batterijen die tegen elkaar in zijn geschakeld.

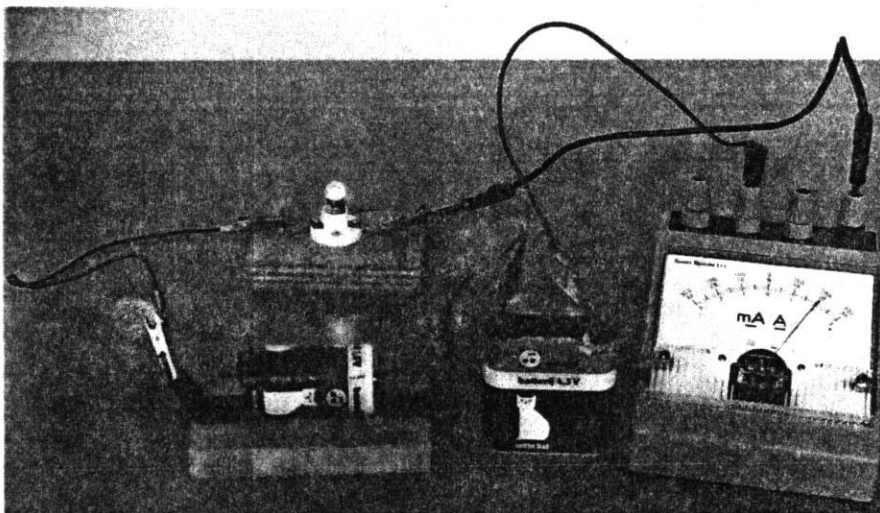


De stroommeter vertoont geen uitslag.



Als je één van de twee thermo-elementen verwarmt, wordt het spanningsverschil bij die las groter. Bij de niet-verwarmde 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.

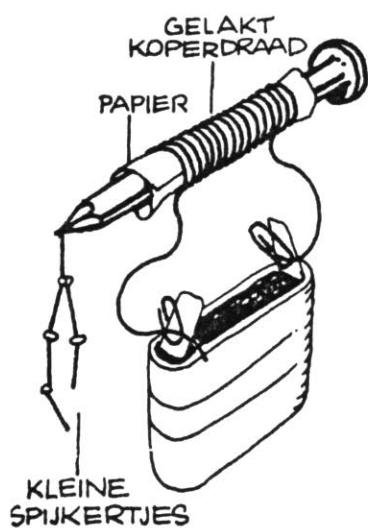
BIJLAGE D4



De stroommeter slaat wel uit.

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

PROEF 2 Een elektromagneet



zelf gemaakte elektromagneet.

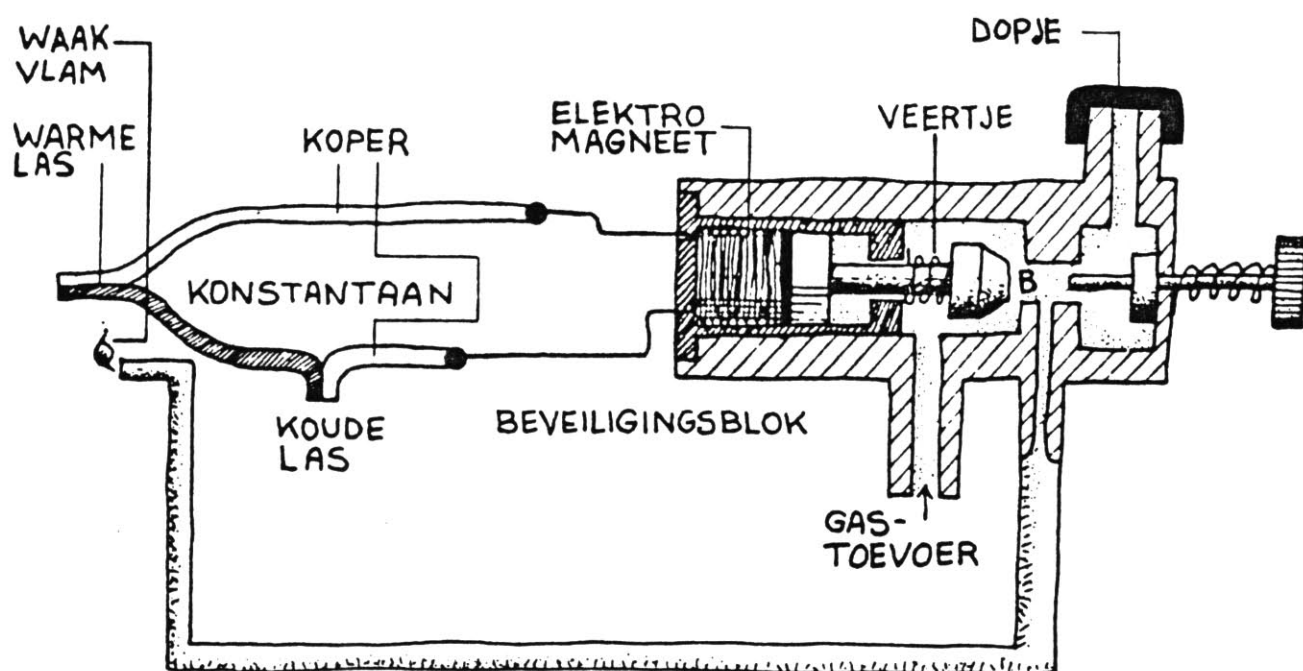
In het thema "Eerste Verkenning in de natuurkunde" heb je misschien al een keer een elektromagneet gemaakt. Zo niet, dan moet je dat alsnog maar eens proberen.

Je hebt een grote spijker, wat kleine spijkertjes, een stuk gelakt koperdraad en een batterij nodig.

1. Spoel het koperdraad om de grote spijker en laat er een stroom doorheen lopen.
2. Wat merk je als je nu de grote spijker in de buurt van de kleine spijkertjes houdt?

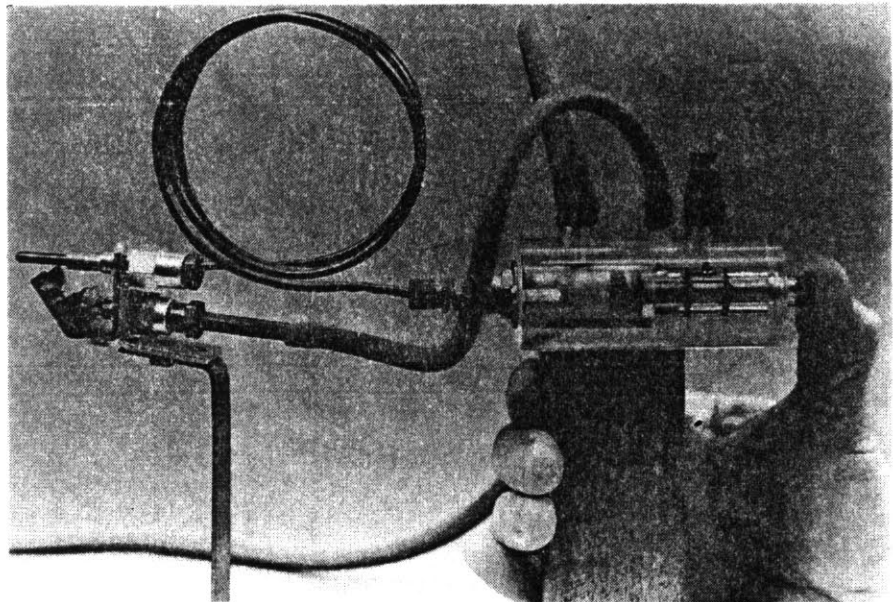
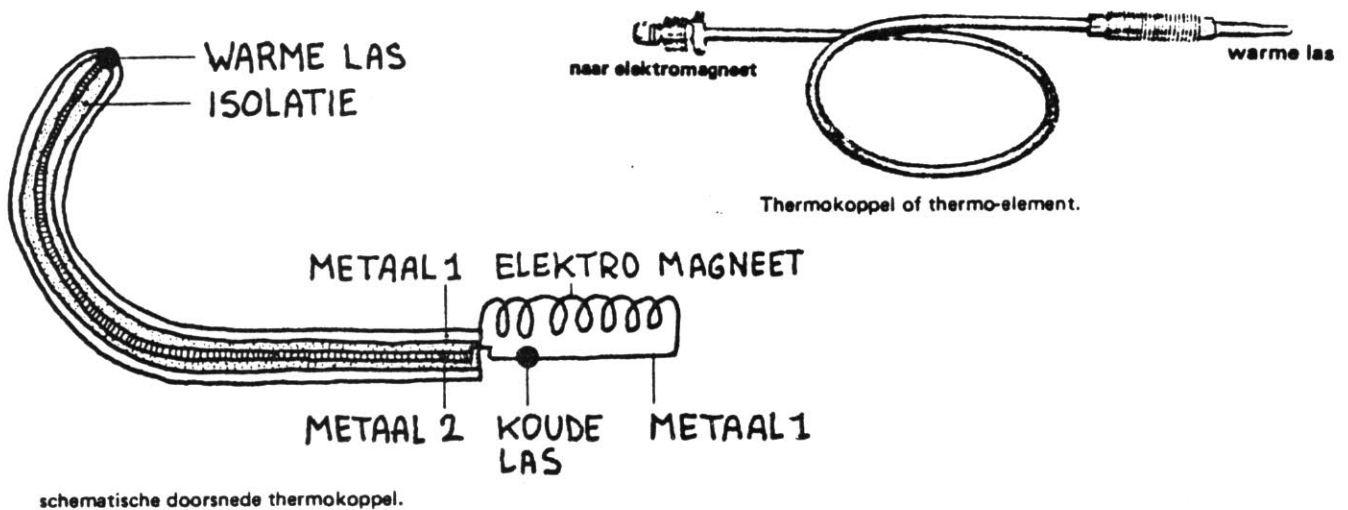
Een thermokoppel kun je gebruiken om via een elektromagneet de klep in de gasleiding van een beveiligingsblok te bedienen.
Hieronder zie je een tekening van een waakvlambeveiliging, bestaande uit een beveiligingsblok en een thermokoppel.

PROEF 3 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.

BIJLAGE D4



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 gas-klep openhoudt.

Opdracht 1 Waarom moet je bij het aansteken de knop enige tijd ingedrukt houden?

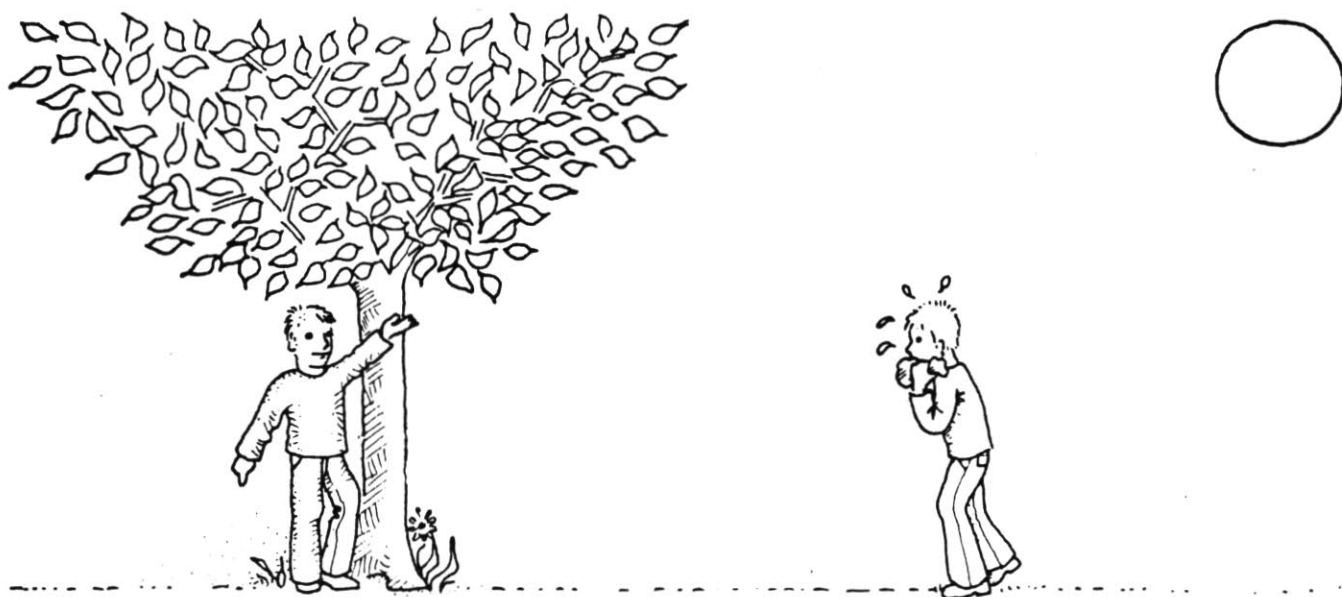
Opdracht 2 Hoe kun je een onderzoekje opzetten om te bepalen hoe groot de magnetische kracht in de spoel van de waakvlambeveiliging is?
Is die magnetische kracht temperatuur afhankelijk?

Opdracht 3 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.

THERMOKOPPEL ALS THERMOMETER

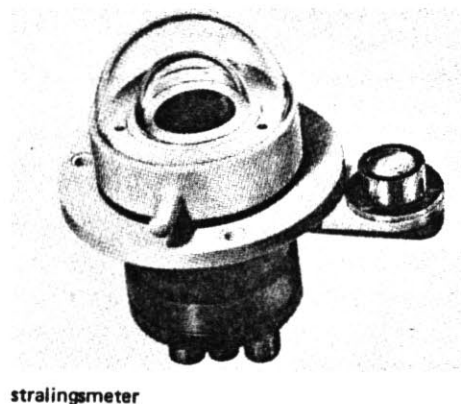
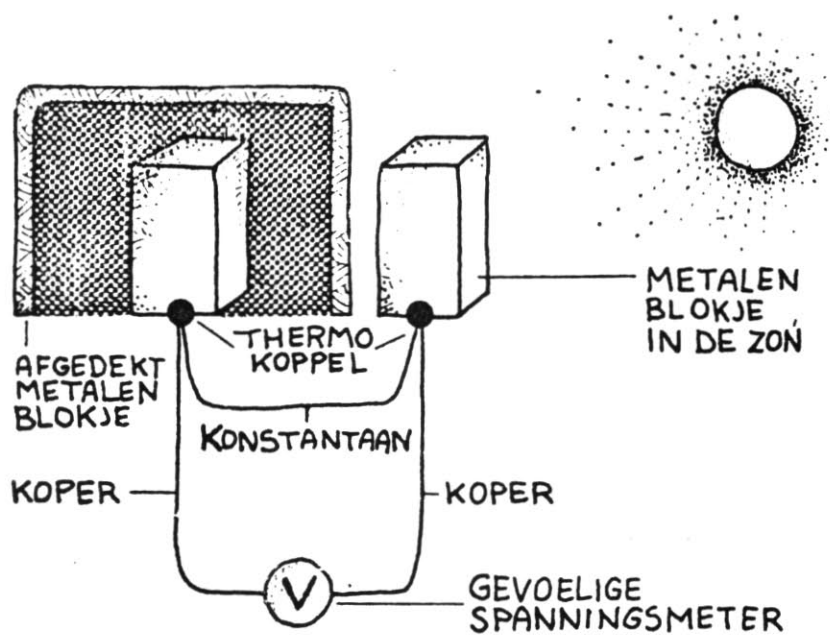
Thermokoppels geven een spanning bij een temperatuurverschil. De grootte van de spanning is een maat voor het temperatuurverschil. Thermokoppel en spanningsmeter vormen samen dus een thermometer. Je moet die thermometer eerst nog wel ijken. De temperatuur van de koude las moet goed bekend zijn. Je hebt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

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.

BIJLAGE D4



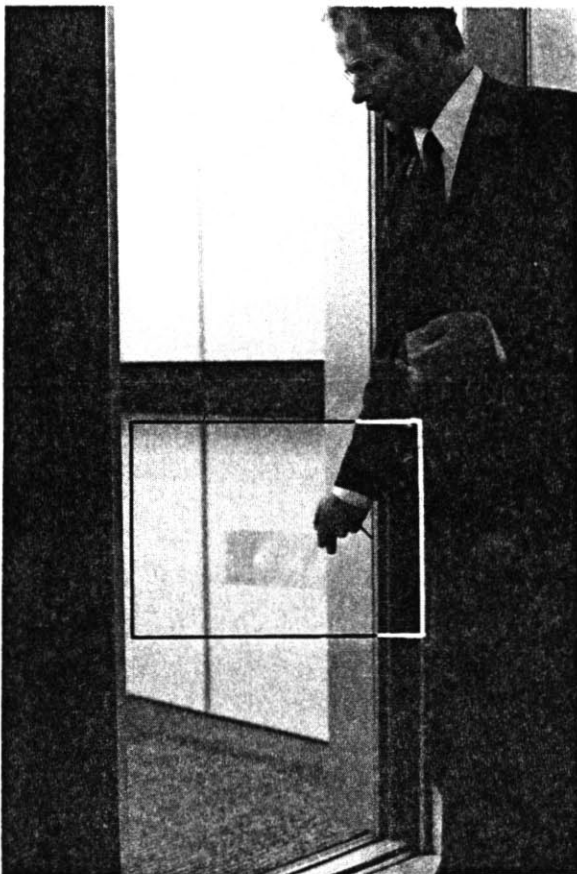
- Opdracht 4
1. Probeer zelf een stralingsmeter te bouwen.
 2. Hoe kun je deze meter gevoeliger maken, zodat de meter verder uitslaat bij minder straling?
 3. Probeer daarna na te gaan of jouw idee ook goed is, door jouw stralingsmeter aan te passen.

3 lichtschakeling

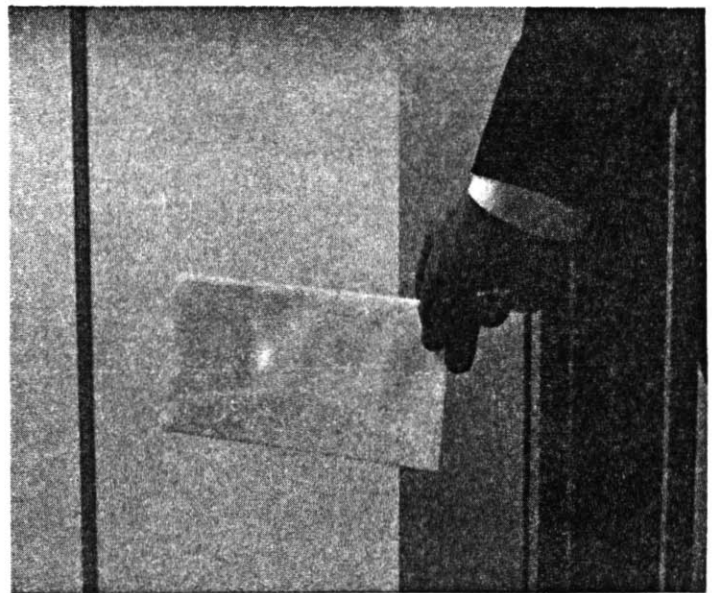
Lichtschakelingen worden tegenwoordig erg veel gebruikt. Bijvoorbeeld om te zorgen dat een liftdeur niet dichtgaat als je de lift binnengaat; of om bij mist automatisch waarschuwborden op te laten lichten.

Zulke systemen werken als volgt:

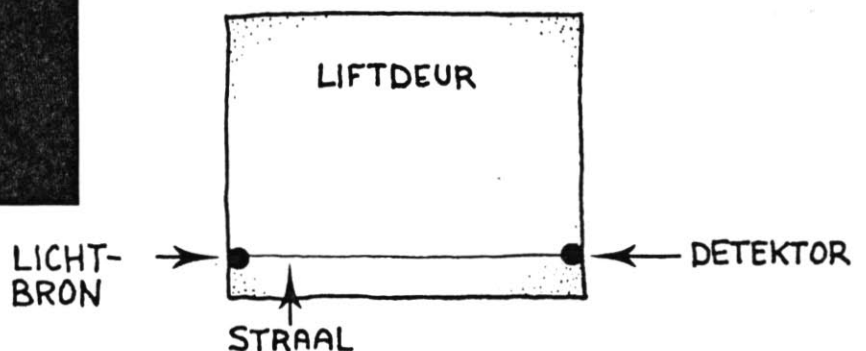
Bij de liftdeur loopt een lichtstraal voor de opening en valt op een apparaatje, de detector. Zo'n detector kan meten of er licht op valt of niet. Als je in de deuropening staat, onderbreek je de lichtstraal even. De detector merkt dat en zorgt dat de deur niet sluit.



liftdeurbediening.



detail van foto links



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

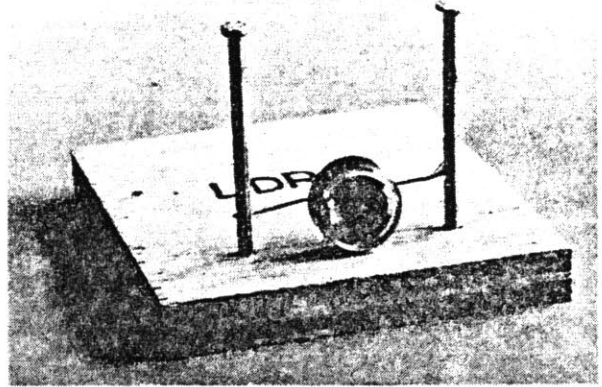
In het volgende ga je precieser leren hoe zo'n lichtschakeling werkt. We proberen een systeem te maken dat ons waarschuwt als het licht in de koelkast blijft branden. Er zitten twee onderdelen in een lichtschakeling die je nog niet kent: de LDR en het relais.

BIJLAGE D4

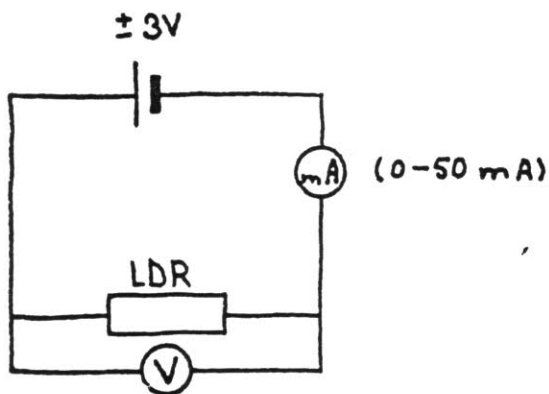
LDR

LDR (lichtgevoelige weerstand)

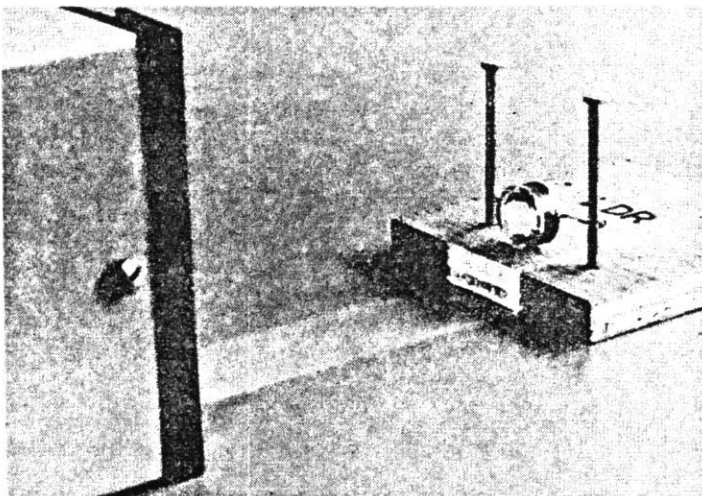
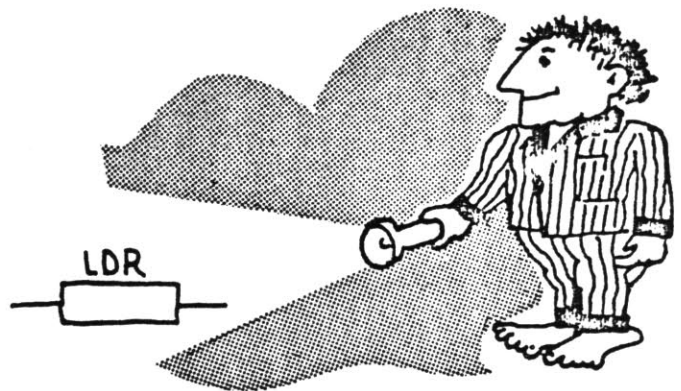
Een LDR (Engels: light dependent resistance) is een stukje materiaal dat in het donker elektrische stroom slecht geleidt. Als er licht op valt, geleidt het materiaal veel beter. Hoe meer licht, des te beter de stroom geleid wordt. Je kunt ook zeggen dat de weerstand van de LDR kleiner is als er meer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



PROEF 1 Een lichtgevoelige weerstand

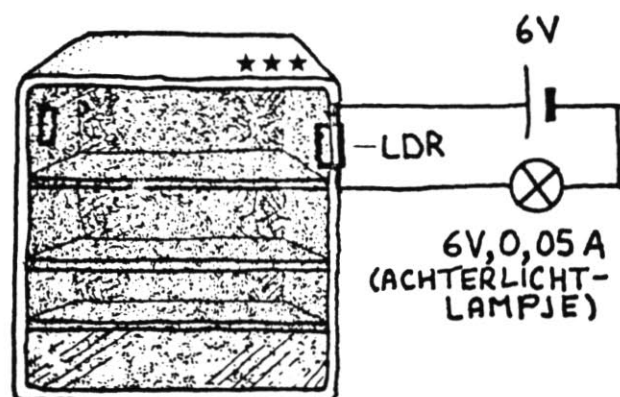


1. Maak de opstelling hiernaast.
2. Bepaal de weerstand van de LDR.

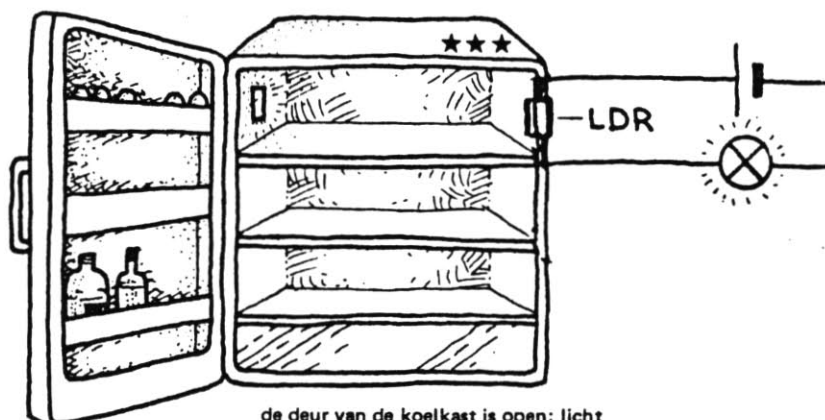


3. Schijn op de LDR met een zaklantaarn. Bepaal de weerstand van de LDR als hij belicht wordt.
4. Bepaal de weerstand van de LDR in het donker.

Met zo'n LDR 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 LDR wordt in de koelkast geplaatst en het lampje en de batterij buiten de koelkast. Is het donker in de koelkast, dan geleidt de LDR 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 1 Bij de volgende vragen ga je berekenen of het waarschuwinglampje niet brandt als de LDR in het donker is (a) en wel brandt als de LDR verlicht wordt (b).

- a. Hoe groot is de weerstand van de LDR in het donker? (Proef 1)
Bereken de weerstand van het lampje.
Hoe groot is de weerstand van LDR en lampje samen?
Hoe groot is de stroomsterkte?
Brandt het lampje?

BIJLAGE D4

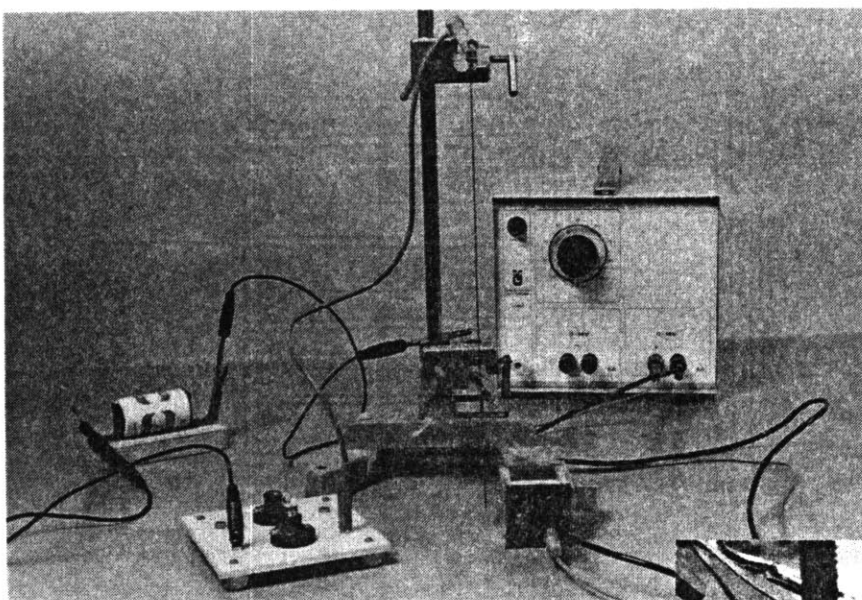
- b. Bereken op dezelfde manier de stroomsterkte als de LDR belicht wordt. Brandt het waarschuwinglampje nu?

PROEF 2 Een LDR als lichtdetector

Maak de opstelling van hierboven en controleer je voorspellingen. Belicht de LDR met een lamp.

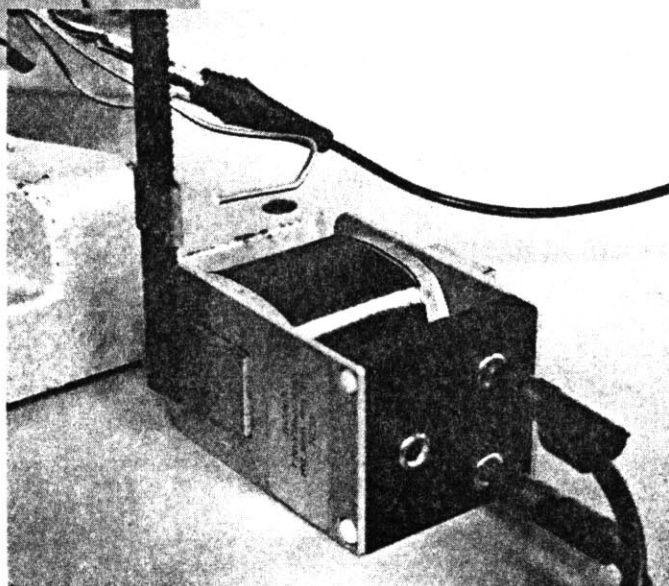
Je merkt dat dit systeem werkt. Het lampje geeft maar weinig licht. Dat kun je verbeteren door de spanningsbron meer spanning te laten leveren of een groter lampje te nemen.

In beide gevallen moet er ook een grotere stroom door de LDR. De stroom door de LDR 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

Detail opstelling stroomschakelaar

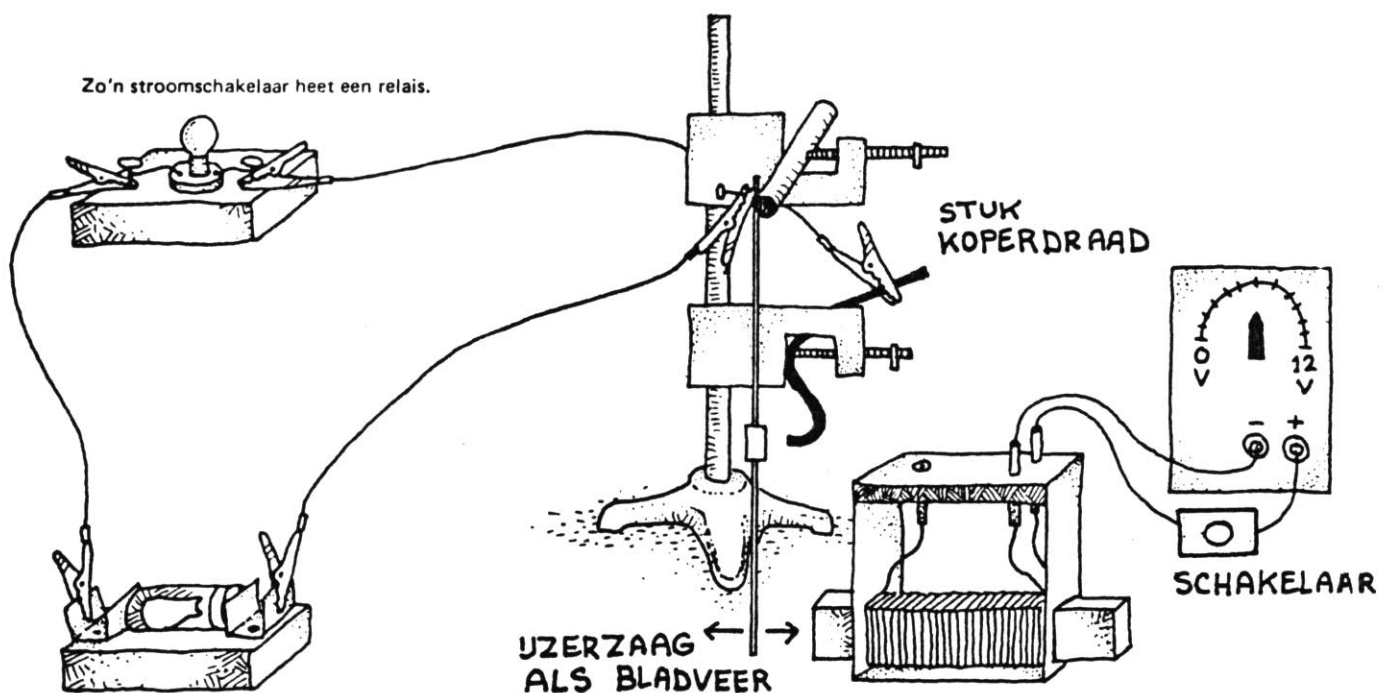


PROEF 3 Een stroomschakelaar maken

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.

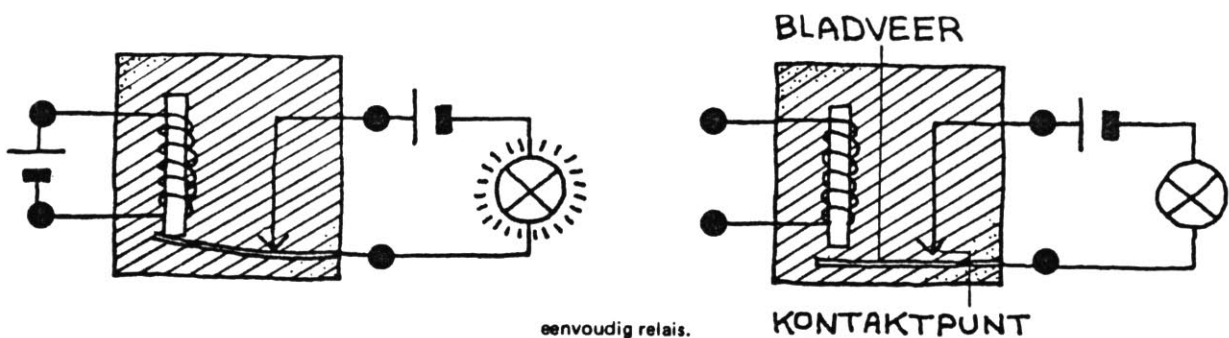
Zoek zelf een geschikte spoel. Uitproberen!
De elektromagneet wordt sterker

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



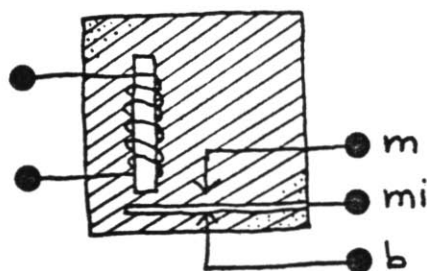
WERKING VAN EEN RELAIS

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 contactpunt aan.

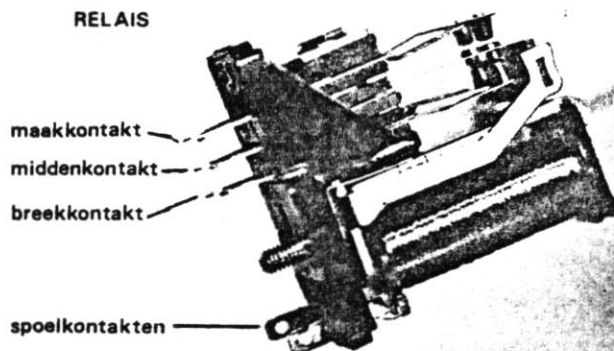


BIJLAGE D⁴

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



RELAIS



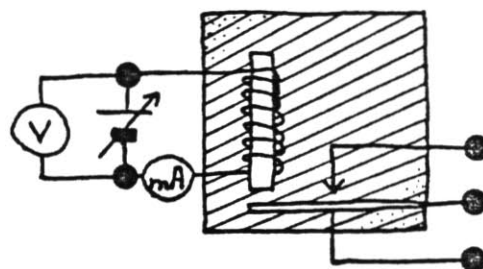
Opengewerkt relais. Normaal zit dit geheel in een doosje waaruit alleen de kontakten steken.

m = MAAKKONTAKT b = BREEKKONTAKT

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 middencontact met het bovenste contact verbonden. Loopt er geen stroom, dan zijn het onderste contact en het middencontact verbonden. Loopt er stroom door de elektromagneet, dan wordt dit contact verbroken: het heet daarom het breekcontact. Het andere contact heet maakcontact.

PROEF 4 Het relais

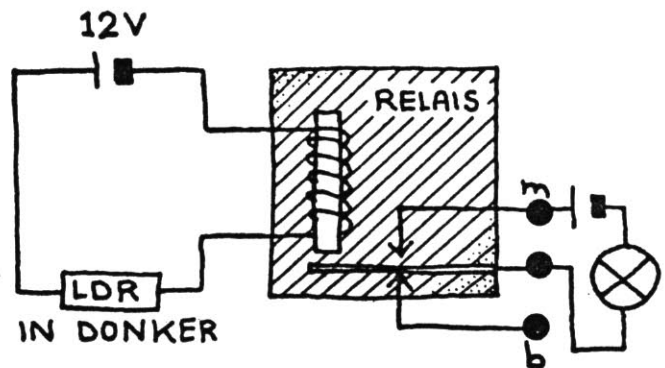
1. Sluit het relais aan op een regelbare spanningsbron. Sluit een spannings- en stroommeter aan zoals getekend.
2. Bepaal voorzichtig hoe groot de spanning moet zijn om het relais te laten schakelen. Meet ook de stroom die dan door het relais loopt (aanspreekstroom).
3. Bepaal voorzichtig bij welke spanning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



Opdracht 2 Waarom zouden de aanspreekstroom en de houdstroom van een relais van elkaar verschillen?

Met behulp van LDR en relais kun je nu het waarschuwingssysteem voor het koelkastlichtje maken.

PROEF 5 Het waarschuwingssysteem voor een koelkastlamp

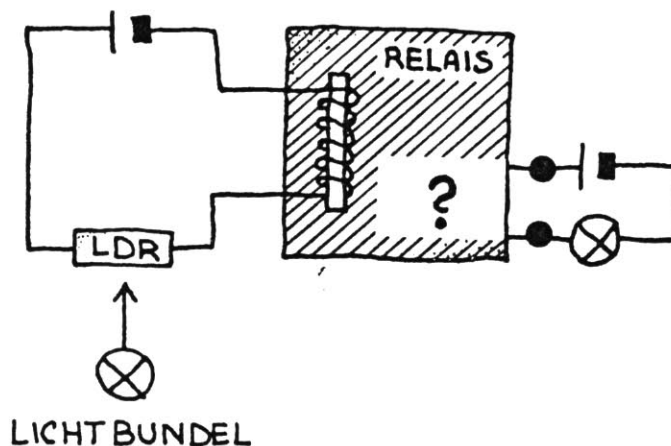


Maak de bovenstaande schakeling. Leg de werking als waarschuwing voor een brandend koelkastlampje uit.

Opdracht 3 Bereken of het apparaat ook werkt met een relais met een weerstand van $20\ \Omega$, dat schakelt bij een stroom van 60 mA.

Ook kun je nu een automatische mistwaarschuwing maken.

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 LDR valt, onderbreekt. Daardoor wordt met een relais de verlichting van de borden ontstoken. Hieronder zie je een schema van het systeem.



BIJLAGE D⁴

PROEF 6 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.

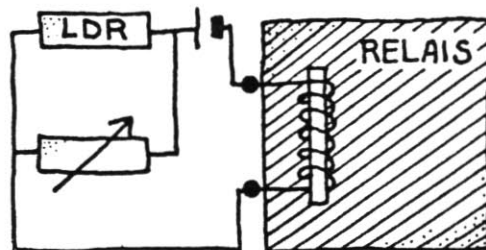
PROEF 7 De gevoeligheid van de mistwaarschuwing

1. Maak het systeem twee keer zo gevoelig, dat wil zeggen, zorg dat het waarschuwinglampje 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. Een regelbare weerstand is een weerstandsdraad waarvan je de weerstand kunt regelen door het stuk van de weerstandsdraad waar de stroom doorheen loopt langer of korter te maken.

Er zijn twee schakelingen om het mistwaarschuwingssysteem regelbaar te maken met een regelbare weerstand.

REGELBARE MISTWAARSCHUWING 1



Door een weerstand parallel te schakelen aan de LDR gaat er extra stroom naar het relais. De LDR 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 vier stuks:

- a. 0 tot $10\ \Omega$
- b. 0 tot $100\ \Omega$
- c. 0 tot $1000\ \Omega$
- d. 0 tot $10.000\ \Omega$

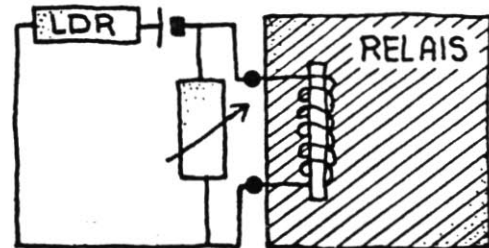
Weerstand a) is ongeschikt. Als hij op 10Ω staat, is hij zo klein dat er altijd genoeg stroom door het relais gaat, zodat het nooit geschakeld wordt.

Opdracht 4 Kies een geschikte regelbare weerstand. Motiveer je keuze.

PROEF 8 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 LDR gaat dus niet meer door het relais.

Opdracht 5 Moet de mist nu dichter of minder dicht zijn om het relais te schakelen?

PROEF 9 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.

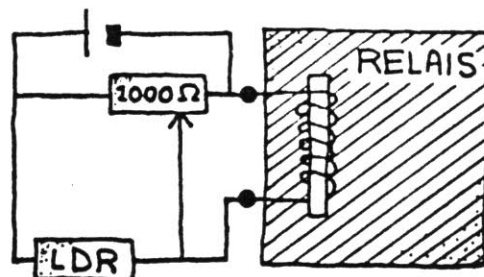
Een nadeel van de schakelingen is dat ze ten opzichte van de eerste schakeling een systeem maken dat of gevoeliger of ongevoeliger is.

In de volgende schakeling zijn beide mogelijkheden gecombineerd.

BIJLAGE D4

PROEF 10 Gecombineerde schakeling

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

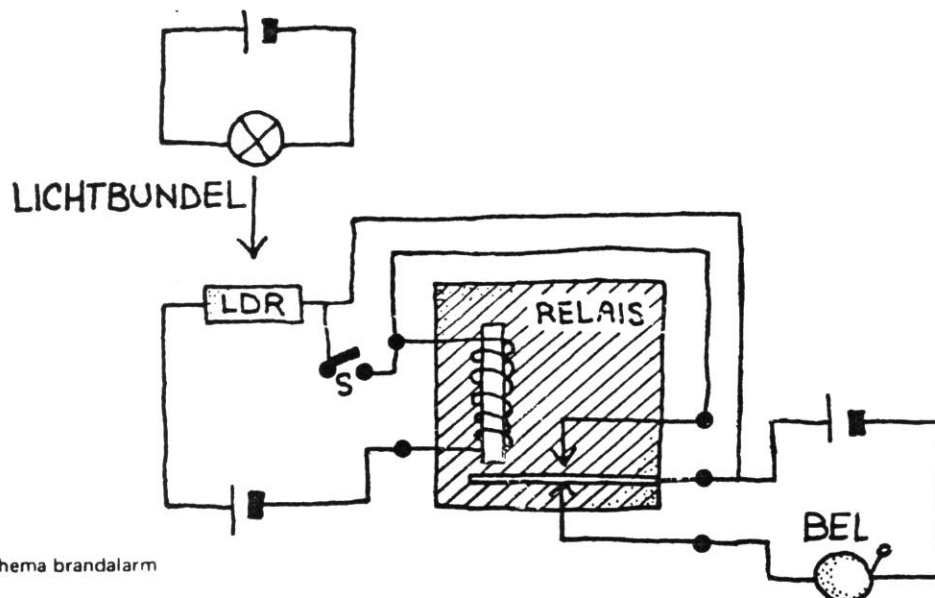


Dezelfde schakeling zou je ook als rookmelder of brandalarm kunnen gebruiken. Hieronder zie je de schematische schakeling daarvan getekend.

Een brandalarm kan gemaakt worden van een LDR 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 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 11 Rookmelder

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



2. Druk op de drukknop terwijl de LDR 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.

APPARATUURGIDS

	ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN
INHOUD	
Inleiding	77
Benodigdheden per proef en onderzoek	79
Materiaaloverzicht	89
Bijzonderheden	92
werkbeschrijving	93
Adressen	94

INLEIDING

INFORMATIE OVER DE VORM EN DE INHOUD VAN DE APPARATUURGIDS

1. Benodigdheden per proef en onderzoek

Dit overzicht bestaat uit twee kolommen. De linker kolom bevat aanwijzingen voor de proeven. In de rechter kolom staan de benodigde materialen en apparatuur.

Iedere proef wordt apart weergegeven. Voor de proef staat een verwijfsnummer (....) in de kantlijn, dat correspondeert met het nummer (....) van de proeven in het leerlingenmateriaal. Het verwijfsnummer is ook van belang voor de overzichtslijsten. Daarmee wordt het materiaal teruggekoppeld naar de proeven, zodat onmiddellijk vastgesteld kan worden hoe vaak en waar het materiaal in de diverse proeven gebruikt wordt. Een (b) voor het verwijfsnummer betekent, dat deze proef een basisproef is.

In de linker kolom wordt tevens aangegeven:

- de plaats van de proef in het themaboek, bladzijdenummer
- de werkvorm, bijvoorbeeld leerlingenproef, demonstratieproef
- korte samenvatting van leerdoelen en leerlingactiviteiten in relatie met de aard van de benodigdheden die in de rechter kolom staan
- foto's en/of tekeningen indien deze ter verduidelijking nodig zijn.

In de rechter kolom staan per proef de benodigdheden.

Indien nodig wordt door een ! teken de leraar opmerkzaam gemaakt voor proefjes die extra aandacht en voorbereiding vragen.

Aanwijzingen die van speciaal belang zijn, worden in de betreffende kolommen omkaderd; in de linker kolom in het belang van de les, in de rechter kolom met betrekking tot de proef.

Tussen de regels staan vaak kleine tips en alternatieven vermeld.

Bouwtekeningen en foto's waarin staat hoe men zelf diverse apparaten kan bouwen en samenstellen, staan tussen de teksten in of bij bijzonderheden in een werktekening.

2. Materiaaloverzicht ten behoeve van aanschaf, organisatie en berging

Deze lijst is onderverdeeld in 4 rubrieken:

- specifieke apparatuur en materiaal
- meten
- algemene hulpmiddelen zoals statiefmateriaal en dergelijke
- verbruiksmateriaal, zoals papier en dergelijke, lijm, potjes, blikken, waarmee leerlingen zelf apparaten kunnen maken.

INLEIDING

Iets over materiaal dat nodig is in één les.

Als u beslist, dat bepaalde proeven klassikaal of door meer dan twee groepjes gedaan moeten kunnen worden, of dat de groepen rouleren langs de proeven (stations-practicum), dient u deze lijst zelf in te vullen. Toegevoegd is een kolom extra, voor uitbreidingen.

Via de verwijsnummers komt u bij de proeven terecht.

Er is ook een kolom diversen of alternatieven met ruimte voor aantekeningen voor bijvoorbeeld adressen, eigen alternatieven en dergelijke.

Deze lijst kan tevens dienen voor gefaseerde aanschaf en voor het opbergen.

3. Bijzonderheden, onder andere bouwbeschrijvingen en tekeningen

4. Waar verkrijgbaar

De adressenlijst bevat hoofdzakelijk adressen van leveranciers van leer- en hulpmiddelen voor de natuurwetenschappen. Handig is het om zelf een lijstje samen te stellen van bedrijven, winkels in de omgeving van de school waar het verbruiksmateriaal en dergelijke verkrijgbaar is.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

- | | | |
|-----|--|--|
| b 1 | Proef 1, blz. 5
Uitzoeken waar de contactpunten van een lampje zitten. | <ul style="list-style-type: none">- batterij of voedingsapparaat- bijbehorend lampje- evt. verbindingssnoer |
| b 2 | Proef 2, blz. 5
Lampje laten branden via geleidende voorwerpen en een eenvoudige stroomkring maken. | <ul style="list-style-type: none">- batterij en voedingsapparaat- bijbehorend lampje- fitting- verbindingssnoeren |
| b 3 | Proef 3, blz. 6 en 7
Schakelingen maken | <ul style="list-style-type: none">- weerstandsdraad- voedingsapparaat- lampje in fitting- statiefmateriaal (+ geïsoleerde staven)- drukknopschakelaar- bel- verbindingssnoeren |

OPDRACHT 1, blz. 7

Nagaan uit welke onderdelen de stroomkring van de voorlamp van de fiets bestaat.

OPDRACHT 2, blz. 8

Nagaan hoe de stroomkring van een zaklantaarn loopt.

OPDRACHT 3, blz. 8

Waarom heeft een tram maar één draad nodig en een trolleybus twee?

OPDRACHT 4

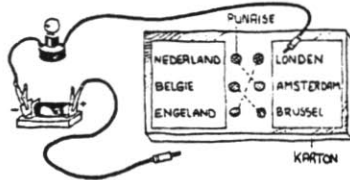
- Onderzoek de werking van de schakelingen
- Waarbij wordt aangegeven hoe de stroom doorloopt
- Kies een van de proeven en bouw deze na.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

b 4 Proef 4A, blz. 9

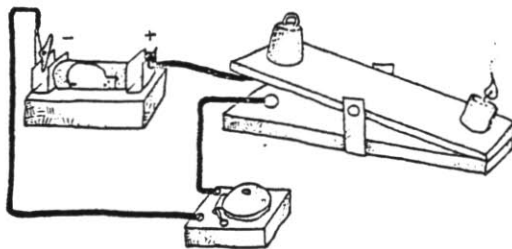
Een elektrische quiz maken.



- plankje met verbindingen zoals in tekening
- lampje
- voedingsapparaat of batterij
- verbindingssnoeren

b 5 Proef 4B, blz. 9

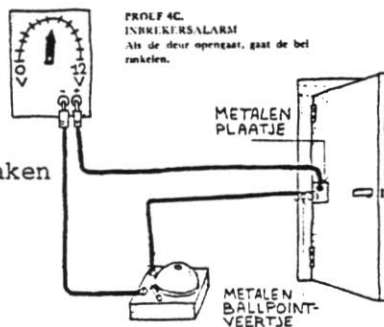
Wekkerschakeling maken.



- kaars
- bel =
- batterij of voedingsapparaat
- plankjes voor balans
- verbindingssnoeren

b 6 Proef 4C, blz. 9

Inbrekers-alarm maken

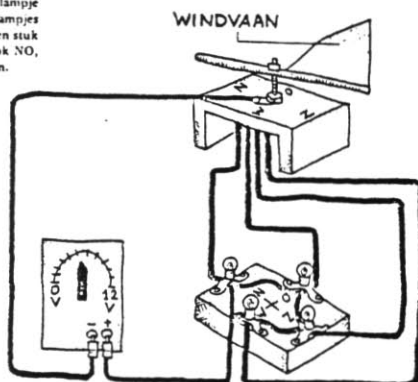


- metalen plaatje en ballpoint-veertje
- voedingsapparaat of batterij
- bel =
- verbindingssnoeren

b 7 Proef 4D, blz. 10

Windvaan maken.

PROEF 4D. WINDVAAN
Bij noordenwind brandt het lampje bij de N; bij oostenwind het lampje bij de O, enz. Met nog vier lampjes erbij wordt de windvaan al een stuk nauwkeuriger. Dan kun je ook NO, ZO, ZW en NW laten aangeven.

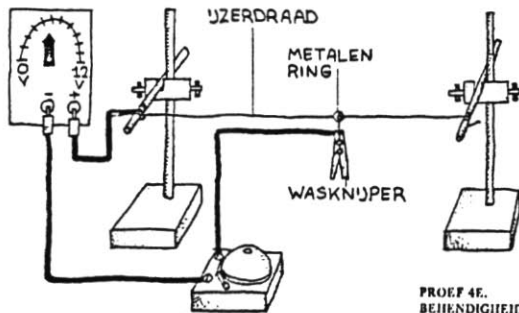


- ! - plankjes om windvaan te maken
- lange bout, bijv. M4
- aantal moeren M4
- koperen dun (verend) plaatje als sleepcontact
- 4 messing schroeven of boutjes met halfronde kop (verzonken in het hout geplaatst)
- spijkers of schroeven
- dun plastic plaatje
- 4 fittingen met lampjes gemonteerd op een plankje
- batterij of voedingsapparaat
- verbindingssnoeren

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

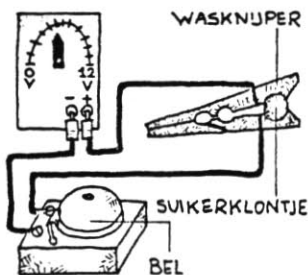
- b 8 Proef 4E, blz. 10
Behendigheidsspel schakeling maken.



PROEF 4E.
BEHENDIGHEIDSSPEL
Wie kan de metalen ring het snelst
van de ene kant naar de andere ver-
plaatsen, zonder dat de bel gaat
rinkelen?

- statief materiaal
- draad (dik) koper of ijzer
- bel = of lampje
- batterij of voedingsapparaat
- metalen ring of staafje met
aan het einde een gebogen ring
- wasknijper evt.
- verbindingssnoer

- b 9 Proef 4F, blz. 11
Schakeling maken voor regenmelding.



PROEF 4F.
REGENMELDER
Als er voldoende regen valt, lost het
sukerklontje op en gaat de bel
rinkelen.

- bel =
- batterij of voedingsapparaat
- wasknijper
- suikerklontje (klein)
- verbindingssnoer

2. SERIESCHAKELING EN PARALLELSCHAKELING

OPDRACHT 5

Nagaan hoe de stroom loopt in de
schakelingen en wat gebeurt er als
een lampje wordt losgedraaid.

- b10 Proef 5, blz. 12
Lampjes in serie plaatsen.

- voedingsapparaat
- 3 lampjes in fittingen
- verbindingssnoeren

OPDRACHT 6

Nagaan hoe de stroom loopt.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

- | | | |
|-----|----------------------------|--------------------------|
| b11 | Proef 6, blz. 12 | - voedingsapparaat |
| | Lampjes parallel plaatsen. | - 2 lampjes in fittingen |
| | | - verbindingssnoeren |

OPDRACHT 7

Nagaan hoe de stroom loopt.

- | | | |
|-----|--|------------------------|
| b12 | Proef 7, blz. 13 | - voedingsapparaat |
| | Lampjes in serie en parallel plaatsen. | - 3 lampjes in fitting |
| | | - verbindingssnoeren |

3. STROOM METEN

- | | | |
|-----|---|------------------------|
| b13 | Proef 8, blz. 15 | - voedingsapparaat |
| | Fietslampje op verschillende vol-
tage laten branden, 1,5V, 4,5V en
6V. | - 3 lampjes in fitting |
| | | - stroommeter |
| | | - verbindingssnoeren |

OPDRACHT 8

Nagaan hoe de stroom loopt.

- | | | |
|-----|--|--------------------------------|
| b14 | Proef 9, blz. 16 | - voedingsapparaat |
| | Schakelen van een stroommeter in
een kring. | - lampje in fitting, bijv. 6V. |
| | | - stroommeter |
| | | - verbindingssnoeren |

- | | | |
|-----|---|----------------------|
| b15 | Proef 9a, blz. 16 | - batterij 9V |
| | Kijken of er stroom door je
lichaam loopt. | - stroommeter MA |
| | | - verbindingssnoeren |

OPDRACHT 9

Aflezen van de meterstanden in MA
van de meter op blz. 17.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

4. SPANNING METEN

- | | | |
|-----|--|--|
| b16 | Proef 10, blz. 19
Schakelen van een spanningsmeter. | <ul style="list-style-type: none">- voedingsapparaat- lampje en fitting- spanningsmeter- verbindingssnoeren |
|-----|--|--|

OPDRACHT 10

Aflezen van de meterstanden in volt van de meters op blz. 20.

5. STROOMSTERKTE EN SPANNING METEN IN EEN STROOMKETEN

- | | | |
|-----|---|--|
| b17 | Proef 11, blz. 21
Stroomsterkte op verschillende plaatsen meten met één lampje of twee lampjes in serie. | <ul style="list-style-type: none">- 2 lampjes in fittingen- stroommeter- voedingsapparaat- schakelaar (drukknop)- verbindingssnoeren |
| b18 | Proef 12, blz. 22
Een aantal lampjes parallel schakelen en telkens de stroomsterkte meten. | <ul style="list-style-type: none">- 3 lampjes 6V in fittingen- voedingsapparaat- stroommeter- verbindingssnoeren |
| b19 | Proef 13, blz. 23
Spanning over lampjes meten die in serie geschakeld zijn. | <ul style="list-style-type: none">- 2 lampjes 6V in fittingen- spanningsmeter- voedingsapparaat- verbindingssnoeren |

6. THEORIE OVER SPANNING EN STROOM (geen proefjes)

7. SCHAKELINGEN TEKENEN

- | | | |
|-----|--|---|
| b20 | Proef 14, blz. 28
Schematisch aangegeven schakeling bouwen. | <ul style="list-style-type: none">- 2 lampjes 6V in fittingen- schakelaar- voedingsapparaat of batterij 6V- verbindingssnoeren |
| b21 | Proef 15, blz. 29
Schakeling uit een auto nabouwen. | <ul style="list-style-type: none">- 2 lampjes 6V in fittingen- schakelaar- voedingsapparaat of batterij 6V- verbindingssnoeren |

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

OPDRACHT 11

Tekenen van een schema van de schakelingen.

OPDRACHT 12

Tekenen van schema van de schakelingen van proef 3, 7 en 9 t/m 13.

8. METEN EN REKENEN AAN SPANNING EN STROOM

8.1 Spanning en stroom

22 Proef 16, blz. 31

Verband tussen spanning en stroom bekijken.

- weerstandsdraad of dradenbord
- voedingsapparaat
- spanningsmeter
- stroommeter
- verbindingssnoeren
- krokodilklemmen

23 Proef 17, blz. 31

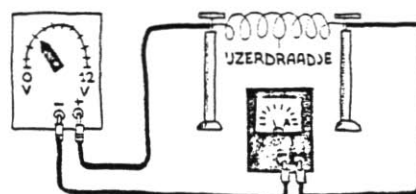
Als proef 1, maar met andere draad.

- weerstandsdraad of dradenbord
- voedingsapparaat
- spanningsmeter
- stroommeter
- verbindingssnoeren
- krokodilklemmen

8.2 Spanning, stroom en weerstand

OPDRACHT 13

De weerstand bepalen van de draad uit proef 16 en uit proef 17.



8.3 Weerstand temperatuur

24 Proef 18, blz. 34

IJzerdraad door stroom warm laten worden.

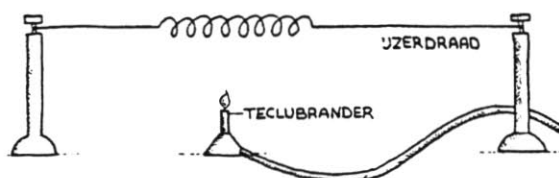
- dun ijzerdraad
- voedingsapparaat
- stroommeter
- statief materiaal
- verbindingssnoeren

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

25 Proef 19, blz. 34

IJzerdraad met teclu-brander verwarmen en dan de weerstand van de draad bepalen.

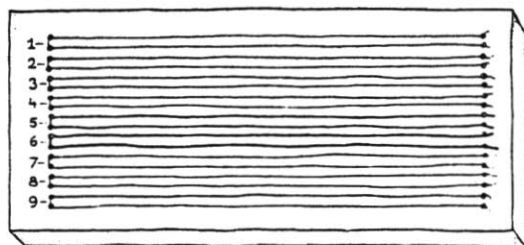


- teclu-brander
- voedingsapparaat
- stroommeter
- statief materiaal
- ijzerdraad ca. 0,5 mm $\emptyset$
- verbindingssnoeren

8.4 De weerstand van gelijke draden in serie

26 Proef 20, blz. 35

De weerstand van draden in serie bepalen.



- dradenplanken met de volgende draden:
 - nichroomdraad 0,2-0,4-0,6 mm $\emptyset$ dik
 - koperdraad 0,2 mm dik
 - ijzerdraad 0,2 mm dik
 - constantaandraad 0,2 mm dik
- voedingsapparaat
- stroommeter
- verbindingssnoeren
- spanningsmeter

OPDRACHT 14

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

OPDRACHT 15

De weerstand van de lange draad uit de tekening bepalen.

8.5 De weerstand van gelijke draden parallel

27 Proef 21, blz. 37

De weerstand van draden parallel bepalen.

- dradenplank
- voedingsapparaat
- stroommeter
- verbindingssnoeren
- spanningsmeter

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

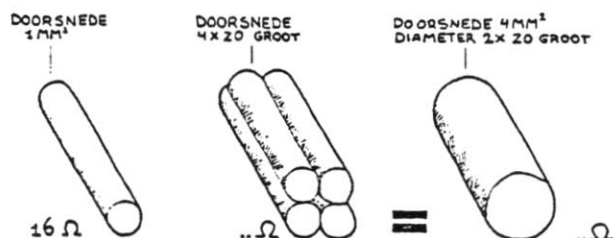
verwijsnr. -----

EXTRA STOF

8.6 De weerstand en dikte van een draad

OPDRACHT 16

Heeft een dikke draad een grotere of een kleinere weerstand dan een dunne draad?



OPDRACHT 17

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

OPDRACHT 18

Het verband tussen de weerstand en de doorsnede van de draad.

- 28 Proef 22, blz. 38
- Het verband bepalen tussen de weerstand en doorsnede van de draden 4, 5 en 6 van de dradenplank bij 1V.

- dradenplank
- voedingsapparaat
- stroommeter
- spanningsmeter
- verbindingssnoeren

8.7 Weerstand en materiaal

- 29 Proef 23, blz. 38
- Weerstand van vier verschillende draden bepalen, de draden 1, 7, 8 en 9 van de dradenplank.

- dradenplank; nodig zijn:
 - nr. 1 nichroomdraad 0,2 mm dik, 1 m lang
 - nr. 7 koperdraad 0,2 mm dik, 1 m lang
 - nr. 8 ijzerdraad 0,2 mm dik, 1 m lang
 - nr. 9 constantaandraad 0,2 mm dik, 1 m lang
- voedingsapparaat
- stroommeter
- spanningsmeter
- verbindingssnoeren

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

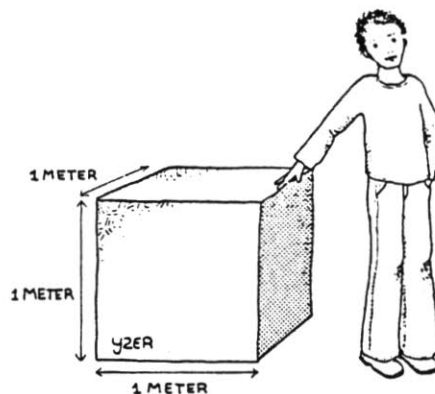
verwijsnr. _____

OPDRACHT 19

Waarom moet dat?
Eerlijk vergelijken, dus draden even
lang en even dik.

OPDRACHT 20

Resultaat van proef 6 vergelijken
met de opgegeven waarden uit de
tabellenlijst (blz. 62) voor soorte-
lijke weerstand.



Als soortelijke weerstand van een stof neemt men de weerstand van een kubus van 1 m^3 van die stof.

OPDRACHT 21

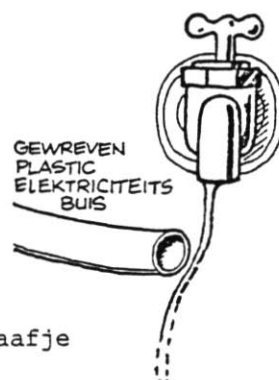
Beantwoorden van de vragen welk
metaal de grootste en welk metaal
de kleinste soortelijke weerstand
heeft (tabel blz. 62).

OPDRACHT 22

Welke stof een geleider en welke
stof een isolator is (soortelijke
weerstand tabel op blz. 62).

OPDRACHT 23

De vraag waarom maakt men elektri-
citeitsdraden bij voorkeur van koper?

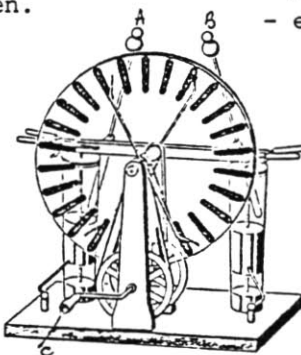


30

Bij leestekst 1, blz. 43

Met plastic staaf, waterstraaltje of
snippertje papier aantrekken.

- plastic staafje
- doekje
- kammetje
- elektriseermachine



de elektriseermachine

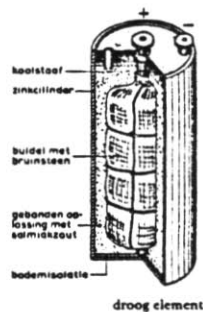
BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijsnr.

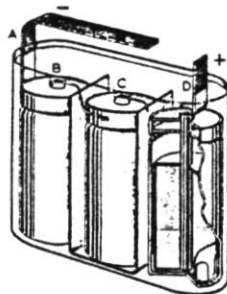
31 Bij leestekst 7, blz. 59

Voorbeelden van batterijen en accu's.

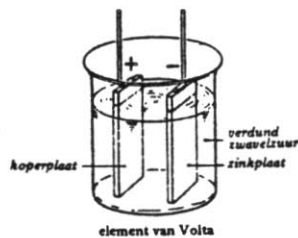
- lampje met fitting
- voedingsapparaat
- verbindingssnoeren
- 1 plaatje zink
- 1 plaatje koper
- 2 glazen bakjes
- 2 loden plaatjes vast aan houder



droog element

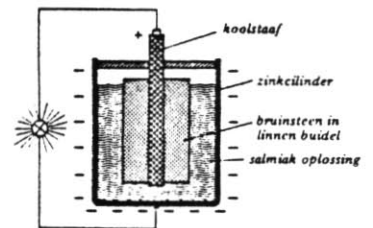


platte batterij van drie elementen



element van Volta

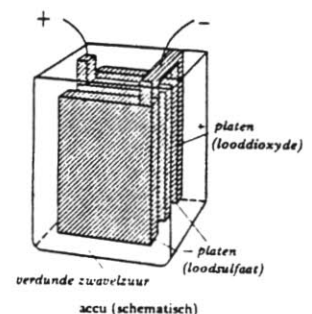
Er vindt tussen de platen en het zuur een chemische reactie plaats. Deze zorgt ervoor dat er tussen het koper en het zink een spanningsverschil ontstaat. Als er stroom loopt slaat op de koperplaat zink neer bij de zinkplaat ontstaat waterstof H_2 .



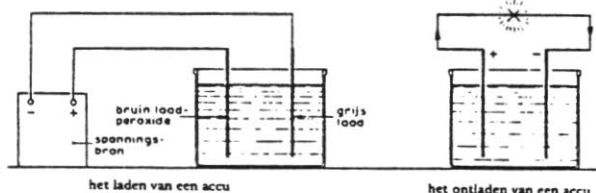
salmiakelement

Tijdens het opladen vindt er een chemische reactie plaats tussen de oplossing en de loodplaten. Daardoor wordt energie opgeslagen. Op één van de twee loodplaten wordt daarbij looddioxide neergeslagen (GIFTIG!).

Bij het laten branden van het lampje verdwijnt het weer.



accu (schematisch)



het laden van een accu

het ontladen van een accu

MATERIAALOVERZICHT

SPECIFIEKE APPARA- TUUR	aantal		verwijsnummer	diversen
	basis	extra		
spannings- of voe- dingskastje			1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,15, 16,17,18,19,20,21, 22,23,24,25,26,27, 28,29,31	
plankje met verbin- dingen (quiz)			4	
dradenbord met de volgende draden			22,23,24,25,26,27, 28,29	draden 1 m lang
nichroomdraden 0,2-0,4-0,6 mm dik				
koperdraad 0,2 mm dik				
ijzerdraad 0,2 mm dik				
constantaandraad 0,2 mm dik				
2 loden plaatjes vast aan houder			31	
elektriseermachine			30	
METEN				
stroommeter			13,14,15,17,18,22, 23,24,25,26,27,28, 29	
spanningsmeter				

MATERIAALOVERZICHT

ALGEMEEN HULPMATERIAAL	aantal		verwijsnummer	diversen
	basis	extra		
verbindingssnoeren			1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,15, 16,17,18,19,20,21, 22,23,24,25,26,27, 28,29,31	
fittingsen			2,3,10,11,12,13,14, 16,17,18,19,20,21, 31	
statiefmateriaal			3,8,24,25	
geïsoleerde staven			3	
drukknopschakelaar			3,17,20,21	
bel			3,5,6,8,9	
fittingsen met lamp- jes op een plankje gedemonteerd			7	
metalen staafje met aan het einde een gebogen ring			9	of ring
krokodilklemmen			22,23	
teclu-brander			25	
stel glazen bakjes			81	
VERBRUIKSMATERIAAL				
batterijen 1½ V (tot 6 V)			1,2,4,6,7,8,9,20,21	
batterijen 9 V			15	
lampjes, bijvoorbeeld 3 V			1,2,3,4,8,10,11,12, 13,16,17,31	
6 V			14,18,19,20,21	
weerstandsdraad Nichroom			3,22,23	
0,2 mm dik				
0,4 mm dik				
0,6 mm dik				

MATERIAALOVERZICHT

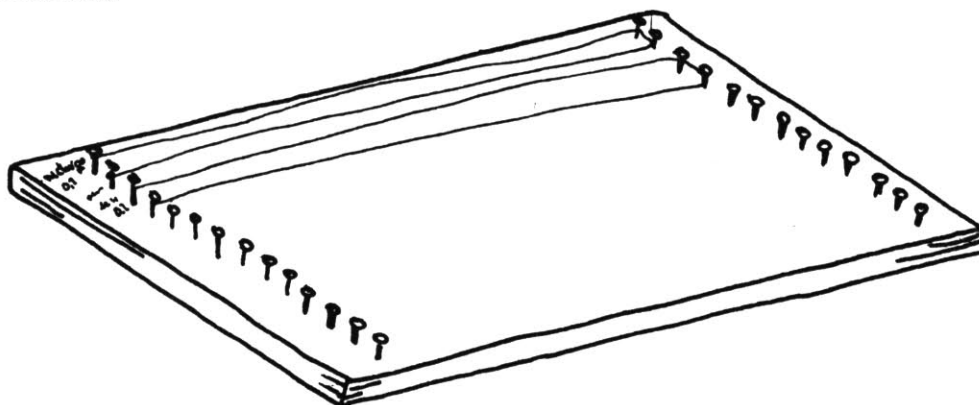
VERBRUUKSMATERIAAL	aantal		verwijsnummer	diversen
	basis	extra		
kaars			5	
plankjes			5	voor balans
metalen plaatjes			6	
ballpointveertje			6	
plankjes			7	om windvaan te maken
lange bout, bijvoorbeeld M4			7	
moren M4			7	
koperen plaatje			7	dun verend als sleep- contact
4 messing schroeven of boutjes met halfronde kop			7	
spijkers evt. schroeven			7	
dun plastic plaatje			7	
koperdraad (dik) 0,2 mm dik			8	of
wasknijper			8,9	
suikerklontje			9	
ijzerdraad, dun, bijvoorbeeld 0,2 mm dik			24	
ijzerdraad 0,5 mm dik			25	
constantaandraad 0,2 mm dik			29	
plaatje zink			31	
plaatje koper			31	
plastic staafje			30	
doekje			30	
kammetje			30	leerlingen zelf

BIJZONDERHEDEN

PROEF OF ONDERZOEK	ARTIKEL	SPECIFICATIE	BESTELADRES
Basisdeel			
proef 3	draad	nichr. 0,2 mm 29.460 nichr. 0,4 mm 29.465 const. 0,2 mm 29.470 const. 0,4 mm 29.475 koper 0,2 mm 29.480 ijzer 0,4 mm 29.485 550.59 set, bevattend const. 0,35 mm 20 m const. 0,5 mm 10 m const. 0,7 mm 10 m nichr. 0,5 mm 10 m messg. 0,5 mm 10 m ijzer 0,22 mm 20 m 11.4320 koper 0,2 m 11.4231 ijzer 0,2 m 11.4232 const.0,2 m 11.4237 const.0,4 m	Breukhoven
Extra deel			
proef 1,2,5,6	weerstandsdraad	zie hierboven	
	dradenbord	zie werktekening	

WERKBESCHRIJVING

DRADENPLANK



- (1) multiplex plaat + 400 x 500, 14 mm dik
- (2) spijkers waarop vast gesoldeerd
- (3) draad bestaande uit:

4 x 1 m nichroom	0,2 mm dik
1 x 1 m nichroom	0,4 mm dik
1 x 1 m constantaandraad	0,2 mm dik
1 x 1 m ijzerdraad	0,2 mm dik
1 x 1 m koperdraad	0,2 mm dik
1 x 1 m koperdraad	(dik)
kaalgemaakt elektriciteitsdraad	
1 x 1 m ijzerdraad	0,6 mm dik
1 x 1 m nichroom	0,6 mm dik

ADRESSEN

Met de firma Breukhoven is een samenwerkingsovereenkomst betreffende de levering van een compleet pakket PLON-materiaal.

Informatie hierover bij:

Breukhoven BV
Mathenesserlaan 400
3023 HD Rotterdam
Postbus 6044
3002 AA Rotterdam
Tel. 010-767688.

Depex B.V.
(nat. instr. Phywe)
Dorpsstraat 85
3732 HH De Bilt
Postbus 27
3730 AA De Bilt
tel. 030-763111

Emaf B.V.
(gasmeters, gerevideerd)
Nijverheidsstr. 3a-b
3071 GA Rotterdam
tel. 010-855266

Griffin Europa B.V.
(nat. instr.)
Rudonk 18
4824 AJ Breda
Postbus 1121
4801 BC Breda
tel. 076-412080

Harris
(nat. instr.)
(zie Breukhoven)

I.P.C.
(kwh-meter, gerevideerd)
De Grootkade 2
1052 LP Amsterdam
tel. 020-842325

Leybold-Nederland
(nat. en scheik. instr.)
Ohmweg 12
3442 AA Woerden
Postbus 90
3440 AB Woerden
tel. 03480-14145

Malmberg
(nat. instr. + Banativ)
Leeghwaterlaan 16
5223 BA Den Bosch
Postbus 233
5201 AE Den Bosch
tel. 073-215565

Econosto
Admiraliteitskade 75
Postbus 4060
3006 AB Rotterdam
tel. 010-141500

Meterfabriek Dordrecht
(gasmeters, nieuw)
Lijnbaan 12
3311 RL Dordrecht
tel. 078-186066

Merkelbach Fysica B.V.
(nat. instr. + Kröncke)
Gildeweg 18
3771 NB Barneveld
tel. 03420-16406

Model Engeneering B.V.
(waterpompjes PSN)
Bangert 23
1689 CJ Zwaag (N.H.)
tel. 02292-1577

Nooitgedagt en Zn. B.V.
(gereedschappen)
Eegracht 12
8651 EG IJlst
Postbus 1
8650 AA IJlst
tel. 05155-1441

Phywe (zie Depex)

Snickers Handel MIJ. B.V.
Hfd. Kantoor:
Industriestraat 2
Postbus 5750
3290 AB Strijen
tel. 01854-2400
Voor depots:
zie RIB boek

Radio Twente
(recordermotortjes)
Stille Veerkade 11-13
2512 BE Den Haag
tel. 070-469200

Technowa B.V.
(nat. instr. unilab. e.d.)
Industrieweg 35
1512 NE Wormerveer
tel. 075-285767

Technische Unie
(metalen, draad e.d.)
in iedere grote stad
