



# Blok 4

## INHOUD

### BASISSTOF

- T1 Lading 110**
- W1 113**
- T2 Spanningsbronnen 114**
- W2 118**
- T3 Spanning in schakelingen 119**
- W3 121**
- T4 Elektrische weerstand 123**
- W4 126**
- T5 Enkele bijzondere weerstanden 128**
- W5 130**

### HERHAALSTOF

- H1 Lading; het scheiden van lading 131**
- H2 Het stromen van lading 134**
- H3 Spanning en stroomsterkte meten; weerstand 137**

### EXTRASTOF

- E1 Zelf spanningsbronnen maken 142**
- E2 De elektroscoop en influentie 144**
- E3 Oefenvragen en opgaven 148**

## LEERDOELEN

- 1** Je moet weten dat je sommige voorwerpen elektrisch kunt laden door erover te wrijven. [P1, T1, W1]
- 2** Je moet weten welke twee soorten lading er zijn. [P1, T1, W1]
- 3** Je moet weten wat de krachtwerking tussen twee geladen voorwerpen is, als beide voorwerpen:
  - a** dezelfde soort lading hebben;
  - b** verschillende soorten lading hebben. [P1, T1, W1]
- 4** Je moet weten wat het betekent als een voorwerp 'neutraal' is. [T1, W1]
- 5** Je moet weten dat je met een elektriseermachine lading kunt ophopen. [T1, P2, T2]
- 6** Je moet weten dat lading kan bewegen en dat in vaste stoffen alleen de negatieve ladingen (elektronen) kunnen bewegen. [T1, W1, P2, T2]
- 7** Je moet weten dat er stoffen zijn waarin lading goed kan bewegen en stoffen waarin lading minder goed of slecht kan bewegen. [T1, W1]
- 8** Je moet weten wat een geleider is en de namen van drie geleiders kunnen noemen. [T1, W1]
- 9** Je moet weten wat een isolator is en de namen van drie isolatoren kunnen noemen. [T1, W1]
- 10** Je moet weten dat lading stroomt van een plaats met veel lading naar een plaats met weinig lading. [T1, W1]
- 11** Je moet weten wat een spanningsbron is en wat de polen van een spanningsbron zijn. [T2, W2, P3]
- 12** Je moet weten hoe de lading verdeeld is bij de polen van een spanningsbron. [T2, W2, P3]



# Een blok vol spanning



- 13** Je moet weten hoe de lading gaat stromen, als je de polen van een spanningsbron door een geleider met elkaar verbindt. [T2, W2]
- 14** Je moet weten dat we met bewegende lading en elektrische stroom hetzelfde bedoelen. [P2, T2, W2]
- 15** Je moet weten wat we bedoelen met de spanning tussen de polen van een spanningsbron of twee punten van een schakeling. [T2, W2, P3]
- 16** Je moet de eenheid en het symbool voor spanning kennen. [T2]
- 17** Je moet weten wat de afspraak is over de richting van de elektrische stroom in een schakeling. [T2, W2]
- 18** Je moet weten dat je met een condensator lading op kunt hopen. [P2, T2, W2]
- 19** Je moet weten dat de spanningsbron de energie levert waarop elektrische apparaten werken. [T2]
- 20** Je moet weten hoe je met een spanningsmeter de spanning meet. [P3, T3, W3]
- 21** Je moet weten hoe je de spanning over een onderdeel van een schakeling kunt meten. [P3, T3, W3]
- 22** Je moet weten hoe je stroomsterkte door een onderdeel van een schakeling kunt meten. [T3, W3, P4]
- 23** Je moet weten waar de stroomsterkte in een schakeling van afhangt. [T3, W3, P4, T4]
- 24** Je moet de eenheid en het symbool van weerstand kennen. [T4]
- 25** Je moet weten hoe je de weerstand van een apparaat kunt bepalen met een spanningsmeter en een stroommeter. [P4, T4, W4]
- 26** Je moet een  $(I, V)$ -diagram kunnen tekenen dat het verband geeft tussen de spanning over een apparaat en de stroomsterkte door het apparaat. [P4, T4, W4]
- 27** Je moet de weerstand kunnen berekenen met behulp van een  $(I, V)$ -diagram. [P4, T4, W4]
- 28** Je moet uit het  $(I, V)$ -diagram kunnen afleiden of de weerstand toeneemt, gelijk blijft of afneemt als de spanning over het apparaat groter wordt. [P4, W4]
- 29** Je moet weten hoe de weerstand van een geleider verandert als de temperatuur toeneemt. [T4, W4, P5]
- 30** Je moet weten wat we met een 'ohmse' weerstand bedoelen. [T4, T5]
- 31** Je moet het verband weten tussen de spanning, de stroomsterkte en de weerstand. [P4, T4, W4]
- 32** Je moet dit verband kunnen gebruiken om berekeningen uit te voeren. [P4, T4, W4]
- 33** Je moet enkele bijzondere weerstanden kennen: NTC, Diode, LED, LDR en de transistor (als schakelaar). [P5, T5, W5]
- 34** Je moet de in leerdoel 33 genoemde onderdelen in eenvoudige schakelingen kunnen toepassen. [P5, T5, W5]

In blok 5 van 1mhv en blok 2 van dit boek heb je verschijnselen bestudeerd die optreden bij elektrische stroom. Hoewel je niet gezien hebt dat er iets stroomt, spreken we toch over elektrische stroom. Wat er dan stroomt weet je nog niet. In dit blok kom je daar met proeven achter. Ook zul je in dit blok ontdekken hoe elektrische stroom ontstaat en waar de grootte van de stroom van afhangt.

### Verschillende soorten lading

Als je haar goed droog is en je haalt er een kam doorheen, hoor je het soms knetteren. Je kunt je haren ook overeind laten staan (figuur 1). Ook bij het uittrekken van een trui kun je dit soort verschijnselen waarnemen. Als je een PVC-buis of een perspex staaf opwrijft met een papieren zakdoekje, worden papiersnippers door de gewreven staaf aangetrokken. Dit komt omdat er iets aan de staaf is veranderd door eroverheen te wrijven. We zeggen dat de staaf door het wrijven *geladen* is of lading heeft gekregen.



#### LADINGSVERSCHIJNSELEN IN HET DAGELIJKS LEVEN

Ladingsverschijnselen zie je in het dagelijks leven vaak optreden. Je poetst een glazen plaat goed om het stof eraf te krijgen, maar de stofjes springen juist naar de plaat toe. Je raakt na een autorit de buitenkant van de auto aan en je krijgt een schokje. Je staat dicht bij het TV-scherm en de haartjes op je hand gaan overeind staan. Het is blijkbaar erg makkelijk om voorwerpen op te laden.

Bij het verder onderzoeken van de krachtwerking kom je tot de conclusie dat er twee soorten lading moeten bestaan. Twee gewreven PVC-buizen stoten elkaar af, twee gewreven perspex staven stoten elkaar af. Een gewreven PVC-buis en een gewreven perspex staaf trekken elkaar echter juist aan.



FIG. 1 Als je geladen bent.

De lading op de perspex staaf is van een andere soort dan de lading op de PVC-buis. Men heeft de afspraak gemaakt dat de lading op een perspex staaf *positief* is en de lading op een PVC-buis *negatief*.

Samenvattend kunnen we het volgende concluderen:

- 1 Geladen voorwerpen kunnen ongeladen voorwerpen aantrekken.
- 2 Voorwerpen met gelijksoortige lading stoten elkaar af.
- 3 Voorwerpen met ongelijksoortige ladingen trekken elkaar aan.
- 4 De lading op een perspex staaf noemen we positief.
- 5 De lading op een PVC-buis noemen we negatief.

Je kunt nu altijd bepalen welke lading een voorwerp heeft. Breng het geladen voorwerp daartoe dichtbij een gewreven perspex staaf die draaibaar is opgesteld. Als de staaf wordt afgestoten, is het voorwerp positief geladen. Wordt de staaf daarentegen aangetrokken, dan is het voorwerp negatief geladen.

### Waar komt lading vandaan?

Je kunt je afvragen waar de lading van een gewreven voorwerp vandaan komt. Voordat je de PVC-buis opwrijft is deze buis ongeladen of *neutraal*. Dat wil niet zeggen dat er op de buis geen lading zit. Een ongeladen voorwerp heeft evenveel positieve als negatieve lading. Daar merk je niets van doordat beide soorten lading elkaars werking opheffen.





### HET AANGEVEN VAN LADINGSVERSCHILLEN

Om makkelijk te kunnen zien waar veel en waar weinig lading zit, kleur je vaak de plaats waar de lading dicht op elkaar zit (of waar negatieve lading zit) blauw. Waar de lading ver uit elkaar zit (of waar positieve lading zit) kleur je rood (figuur 2).



### ELEKTRONEN

In een blokje ijzer van  $1 \text{ cm}^3$  zitten  $3 \cdot 10^{24}$  (dat is een 3 met 24 nullen) positieve en evenveel negatieve ladingen.

In 1896 en 1897 hebben experimenten van de Engelsman Joseph John Thomson (1856 - 1940) en de Nederlander Pieter Zeeman (1865 - 1943) aangetoond dat in alle atomen van dezelfde stof dezelfde negatief geladen deeltjes zitten. Deze deeltjes heeft men *elektronen* genoemd. Het is vrij eenvoudig een aantal elektronen uit een stof te verwijderen. Dat lukt al door langs de stof te wrijven!

Negatief geladen voorwerpen hebben door te wrijven extra elektronen gekregen. Positief geladen voorwerpen hebben juist elektronen verloren. In een metaal kunnen de elektronen vrij bewegen. In een metaal bestaat de elektrische stroom daarom geheel uit bewegende elektronen.

FIG. 2 Een geladen PVC-buis, na het wrijven met een wollen lap.

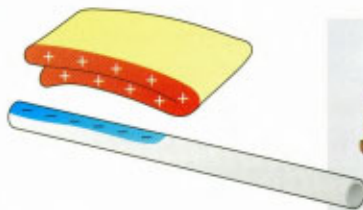


FIG. 3a Een vandegraaffgenerator.

Als je een ongeladen PVC-buis opwrijft met een wollen lap (die óók ongeladen is), worden positieve en negatieve lading van elkaar gescheiden. Op de PVC-buis vind je een opeenhoping van negatieve lading; op de wollen lap een even grote opeenhoping van positieve lading. De wollen lap wordt dus positief geladen! Bij de perspex staaf gebeurt iets dergelijks. Als je de staaf opwrijft met een papieren zakdoekje, gaat er negatieve lading van de perspex staaf naar het doekje. Het papieren zakdoekje wordt negatief geladen. De perspex staaf blijft positief geladen achter. Omdat je niet alle lading kunt tekenen, geven we in een tekening alleen het *ladingsoverschot* aan.

### De elektriseermachine

Een apparaat waarmee je grote hoeveelheden lading kunt scheiden, is de elektriseermachine. De meest gebruikte elektriseermachines zijn de bandgenerator of vandegraaffgenerator (figuur 3a) en de elektriseermachine van Wimshurst (figuur 3b).

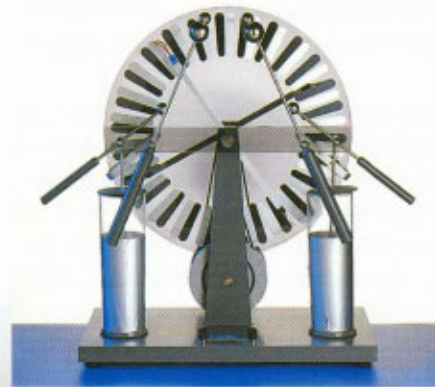


FIG. 3b De elektriseermachine van Wimshurst.

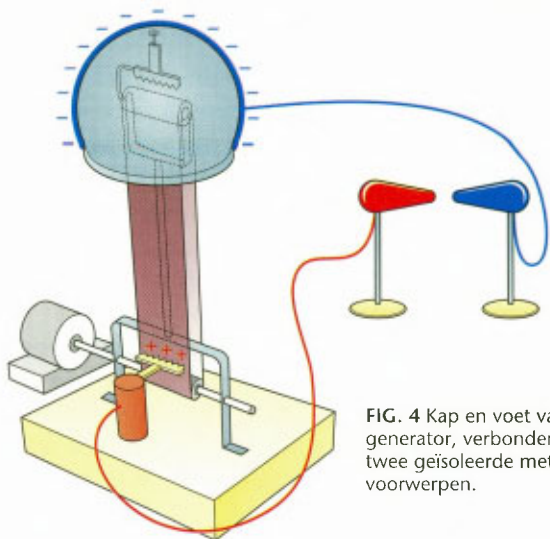


FIG. 4 Kap en voet van de generator, verbonden met twee geïsoleerde metalen voorwerpen.

De bandgenerator bestaat uit een grote metalen of metaalgazen kap, een rubberband die kan draaien om twee rollen en een aantal op kammen lijkende strippen van metaal. De rubberband brengt lading van de voet van de generator naar de kap en omgekeerd. Op de kap en de voet ontstaat een opeenhoping van tegengestelde lading. Is de kap negatief geladen, dan is de voet positief geladen en omgekeerd (figuur 4).

Verbind je de negatief geladen kap door een snoer met een geïsoleerd metalen voorwerp, dan wordt dat voorwerp óók negatief geladen. De lading kan door het snoer bewegen. Dat wordt duidelijk als je de voet óók verbindt met een ander geïsoleerd metalen voorwerp. Schuif je de voorwerpen voorzichtig naar elkaar toe (zie figuur 4), dan springt er op een gegeven moment een vonk over. De kracht van het positief geladen voorwerp op de negatieve lading van het andere voorwerp is dan zó groot dat er lading overspringt.

## Geleiders en isolatoren

Lading kan niet door alle stoffen even gemakkelijk bewegen. De lading kan wel door het metaal van het snoer, maar niet door het plastic omhulsel. Stoffen waar de lading gemakkelijk doorheen kan bewegen noemen we geleiders. Isolatoren zijn stoffen waar lading niet of heel moeilijk doorheen kan bewegen.



FIG. 5 Een snoer bestaat uit een metalen kern met daaromheen plastic.

In de tabel van figuur 6 worden voorbeelden van geleiders en isolatoren genoemd.

FIG. 6 Geleiders en isolatoren.

goede geleiders:	matige geleiders:	slechte geleiders:
metalen (o.a.: ijzer, koper aluminium, zilver, goud)	kraanwater het menselijk lichaam	kunststoffen gedestilleerd water droge steen droog hout droge lucht
koolstof		



### HET GELEIDEND VERMOGEN VAN LUCHT

Droge lucht is een isolator. Je hebt een grote spanning nodig om een elektrische stroom door de lucht te laten lopen. In vochtige lucht kan lading veel beter bewegen dan in droge lucht. Vochtige lucht geleidt beter. Dat is de reden waarom veel proefjes met lading bij vochtig weer mislukken.

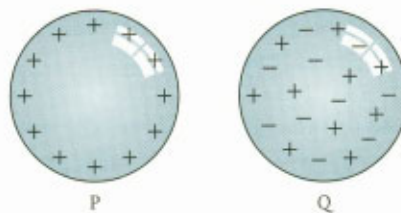
## Samenvatting

- 1 Een voorwerp dat evenveel positieve als negatieve lading bevat noemen we ongeladen of neutraal.
- 2 We kunnen door wrijven (= intensief contact) positieve en negatieve lading van elkaar scheiden.
- 3 Een positief geladen voorwerp heeft een tekort aan negatieve lading (= tekort aan elektronen).
- 4 Een negatief geladen voorwerp heeft een overschot aan negatieve lading (= overschot aan elektronen).
- 5 Ladingen kunnen in beweging komen, doordat ze krachten op elkaar uitoefenen.
- 6 Ladingen bewegen van een plaats waar lading dicht op elkaar zit naar een plaats waar lading verder uit elkaar zit.
- 7 Geleiders zijn stoffen waar lading gemakkelijk doorheen kan bewegen.
- 8 Isolatoren zijn stoffen waar lading niet of heel moeilijk doorheen kan bewegen.

- 1 Noem een voorbeeld uit het dagelijks leven waarbij je te maken hebt met lading. (Noem een voorbeeld dat nog niet in T1 aan de orde is geweest).
- 2 Beschrijf nauwkeurig hoe je te werk moet gaan om te weten te komen welk soort lading zich op een gewreven kammetje bevindt.
- 3 In kamers met een kunststof vloerbedekking kun je een schok krijgen als je de verwarming of een metalen deurkozijn aanraakt. Ook in sporthallen springen de vonken er vaak vanaf. Verklaar dit verschijnsel.
- 4 Waarom is de term 'ongeladen' eigenlijk fout en is de term 'neutraal' veel beter?
- 5 Voor het scheiden van lading is energie nodig.
  - a Wie of wat levert de energie bij het opwrijven van een PVC-buis?
  - b Waar komt die energie vandaan bij een band-generator?
- 6 Schrijf uit je hoofd op:
  - a vijf isolatoren;
  - b vijf geleiders.
- 7
  - a Ben je zelf een isolator of ben je een geleider?
  - b Zijn de omstandigheden van invloed op het geleidend vermogen van je lichaam? Licht je antwoord toe.
  - c Waarom zijn (gewone) stopcontacten in een badkamer verboden?

- 8
  - a Waarom kun je door te wrijven een staaf die gemaakt is van een isolator, wél opladen en een staaf die gemaakt is van een geleider niet?
  - b Zou je de metalen staaf wél door wrijven kunnen opladen, als je hem geïsoleerd vasthoudt? Licht je antwoord toe.

FIG. 7 Twee even grote metalen bollen: P is positief geladen en Q is neutraal.



- 9 Je hebt twee even grote metalen bollen P en Q (figuur 7). P is positief geladen, Q is neutraal. Je verbindt P en Q met een snoetje van koperdraad.
  - a Waarom gaat er lading bewegen?
  - b Wordt bol Q positief of negatief geladen?
  - c Wordt bol P negatief, neutraal of blijft hij positief geladen?

Na korte tijd bevindt zich op bol Q evenveel lading als op bol P. (P en Q zijn even groot.)

  - d Zal er daarna nog lading bewegen? Licht je antwoord toe.
- 10 Bij een andere proef bevindt zich op bol P veel negatieve lading, op bol Q weinig negatieve lading. Je verbindt P en Q weer met een snoetje van koperdraad.
 

Welke soort lading bevindt zich na korte tijd op bol P en welke op bol Q? Licht je antwoord toe.

### Bewegende lading en elektrische stroom

In blok 5 van 1mhv heb je gewerkt met batterijen en lampjes. Als je een lampje aansluit op een batterij, gaat het lampje branden (figuur 8). De batterij zorgt dat er een elektrische stroom door het lampje gaat lopen. Dat kan alleen als er sprake is van een gesloten stroomkring. Het lampje gaat uit als je het losdraait of als je een verbindingsdraad losmaakt.

Licht is een van de effecten van elektrische stroom. Andere effecten die je in blok 5 van 1mhv gezien hebt, zijn warmte (elektrisch fornuis, straalkachel) en het magnetisch effect (elektromotor, elektromagneet). In P2 heb je ondervonden dat bij bewegende lading dezelfde effecten optreden als bij elektrische stroom: met behulp van een bandgenerator kun je een TL-buis laten branden, vonken laten overspringen en een 'ladingsmotor' laten draaien.

*Elektrische stroom is niets anders dan bewegende lading.*

Als er door een lampje een elektrische stroom loopt, gaat er lading door dat lampje. De bewegende lading brengt de gloeidraad aan het gloeien, waardoor het lampje licht geeft.

Het symbool voor elektrische stroom is de hoofdletter *I*. Je meet de sterkte van de stroom met een stroommeter.

De eenheid van stroomsterkte is de ampère, afgekort A. De stroomsterkte geeft aan hoeveel lading er per seconde door de stroommeter gaat. Je kunt dus alleen de stroom door een draad of apparaat meten, als je de stroommeter *in serie* met die draad of met dat apparaat plaatst (figuur 9).

FIG. 8 Een lampje aangesloten op een batterij.

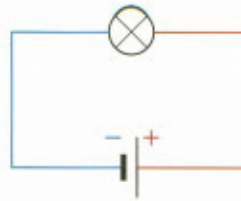


FIG. 9 De stroomsterkte door een lampje meten.

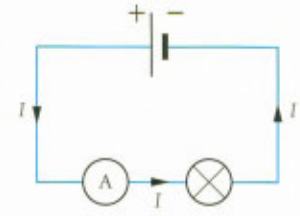
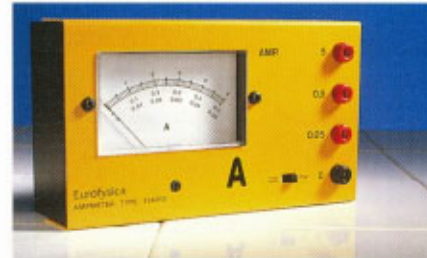


FIG. 10 Een stroommeter.



### Spanning

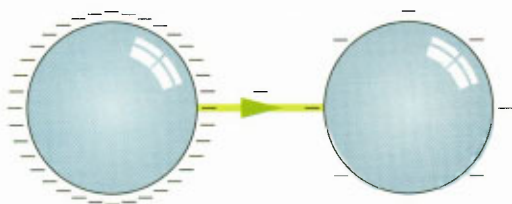
Als je twee voorwerpen die tegengesteld geladen zijn, met elkaar verbindt gaat er een elektrische stroom lopen. Maar er kan ook een elektrische stroom lopen als op beide voorwerpen dezelfde soort lading zit. Dat gebeurt als er op het ene voorwerp veel meer lading zit dan op het andere (even grote) voorwerp. De ladingen gaan dan bewegen doordat ze op het ene voorwerp dichter op elkaar zitten en elkaar daardoor meer afstoten dan op het andere voorwerp. Er is weer evenwicht als de *ladingsdichtheid* op beide voorwerpen gelijk is.

Er loopt een stroom in een gesloten stroomkring met een batterij en een lampje, omdat de ladingen op de polen van de batterij niet even dicht op elkaar zitten. Een batterij zorgt er echter voor dat er tussen beide polen een verschil in ladingsdichtheid blijft bestaan. Daarom blijft er in dit geval stroom lopen.



FIG. 11 Elektrische stroom tussen twee voorwerpen met dezelfde soort lading. De stroom blijft net zo lang lopen, totdat de ladingsdichtheid op beide voorwerpen even groot is.

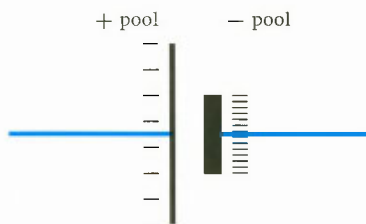
a Er wordt verbinding gemaakt.



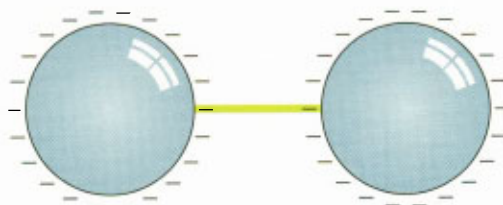
Het verschil tussen de verdeling van de lading op het ene voorwerp (dicht op elkaar) en het andere voorwerp (minder dicht op elkaar) geven we aan met het begrip *spanning*. Hoe groter het verschil in ladingsdichtheid, des te groter is de spanning tussen beide voorwerpen (figuur 11).

Een batterij zorgt ervoor dat het verschil in ladingsdichtheid steeds even groot is. Dat kan betekenen dat de plus-pool positief geladen is en de min-pool negatief. Maar het kan ook betekenen dat de (negatieve) lading bij de plus-pool verder uit elkaar zit dan bij de min-pool (figuur 12).

FIG. 12 Een batterij zorgt dat het verschil in ladingsverdeling tussen beide polen steeds even groot blijft.



b Na een tijdje loopt er geen lading meer.



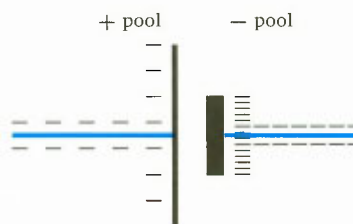
Gelijksoortige ladingen stoten elkaar af. Het gevolg hiervan is dat de lading gaat bewegen, als er een verbinding is van de plus-pool naar de min-pool. Er kan een elektrische stroom gaan lopen, als de stroomkring gesloten is.



#### LADINGSDICHTHEID IN EEN SNOER

Als je een snoetje op de min-pool of pluspool van een batterij aansluit (er is géén gesloten kring), gaat er lading in het snoetje lopen. De batterij pompt net zo lang door, totdat de lading in het snoetje even ver uit elkaar zit als bij de min- of pluspool (figuur 13).

FIG. 13 In een met de plus- of minpool verbonden snoer zit de lading even ver uit elkaar als op de ermee verbonden pool. (Er is géén stroomkring.)





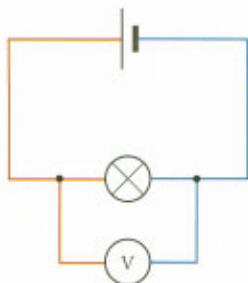


FIG. 14 De spanning over een lampje meten.

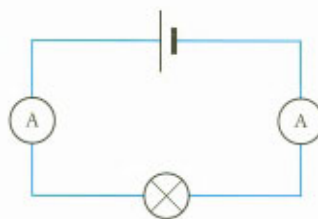


FIG. 16 Een lampje aangesloten op een batterij. De stroommeters geven vóór en na het lampje een even grote stroom aan.

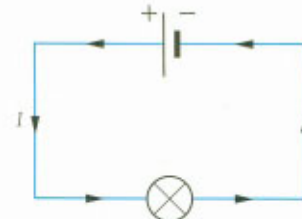


FIG. 17 Stroom  $I$  loopt (buiten de batterij) van + naar –.

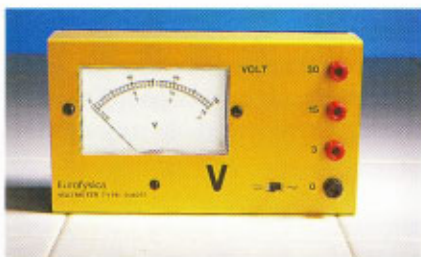


FIG. 15 Een spanningsmeter.  
~ betekent wisselspanning  
= betekent gelijkspanning



Je vergelijkt steeds de verdeling van de lading op het ene voorwerp met de verdeling van de lading op het andere voorwerp. Of de verdeling van de lading in één punt van de schakeling met die van een ander punt van de schakeling. Spanning meet je dus altijd tussen twee punten (figuur 14).

Het symbool voor spanning is de hoofdletter V. De eenheid van spanning is de volt, afgekort V. Je meet de spanning met een spanningsmeter (figuur 15).

### Spanning en elektrische stroom

De elektrische stroom door een lampje is het gevolg van de spanning tussen de aansluitpunten van het lampje. In het lampje verdwijnt géén lading. In blok 5 van 1mhv heb je gezien dat de elektrische stroom voor en na het lampje even groot is (figuur 16).

Het lampje neemt de energie op die de batterij aan de ladingen heeft meegegeven. Deze energie wordt omgezet in stralingsenergie (licht) en warmte.

Voor de richting van de elektrische stroom in een gesloten stroomkring is ooit de volgende afspraak gemaakt (figuur 17):

*De elektrische stroom loopt van de pluspool door de schakeling naar de minpool.*



#### AFSPRAAK OVER DE STROOMRICHTING

Deze afspraak was al gemaakt, voordat men wist wat er eigenlijk stroomde. Door een snoer zijn het natuurlijk de elektronen (negatief geladen) die van – naar + bewegen. Toch heeft men de oude afspraak nooit veranderd.

### Spanningsbronnen

Een spanningsbron levert de benodigde spanning voor de elektrische apparaten. De spanningsbron zorgt ervoor dat er een elektrische stroom kan gaan lopen en levert elektrische energie aan het apparaat. Voorbeelden van spanningsbronnen zijn: de batterij, een accu, het stopcontact, een zonnecel en een fietsdynamo.

De spanningsbron houdt de spanning tussen de aansluitpunten constant; ook als er stroom loopt. Daar is energie voor nodig. Deze energie is in een andere vorm in de spanningsbron aanwezig, of wordt aan de spanningsbron toegevoerd. In een accu en batterij is deze energie aanwezig in de vorm van *chemische energie*. Als de chemische energie op raakt, daalt de spanning tussen de aansluitpunten. De accu of de batterij is dan 'leeg'. Het bijzondere van een accu is dat deze kan worden 'opgeladen'. Je kunt er opnieuw energie in stoppen.



#### EEN ACCU OPLADEN

Let op: bij het opladen van een accu wordt geen nieuwe lading opgeslagen, maar nieuwe energie (figuur 18). Als je lading wilt opslaan, gebruik je een condensator!

FIG. 18 Een accu krijgt bij het opladen nieuwe energie.



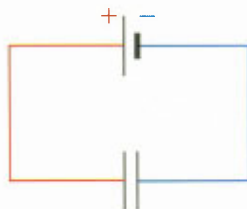
Ook een bandgenerator is een spanningsbron. Als je de spanning meet tussen de kap en de voet van een bandgenerator blijkt dat deze spanning op kan lopen tot zo'n 25 kV (25 000 V). Toch kun je op een bandgenerator geen elektrisch apparaat laten werken. Dat komt doordat de bandgenerator niet in staat is om de spanning op peil te houden als er een stroom loopt.

De spanning tussen de aansluitpunten van een stopcontact is altijd 220 V; wat je er ook op aansluit. Batterijen en accu's heb je in allerlei maten en soorten. De spanning kan liggen tussen 1,2 V en 24 V of meer.

## Condensatoren

Een condensator kun je opladen door beide kanten met een batterij te verbinden (figuur 19). Een condensator is geen spanningsbron. Een condensator gebruik je om lading (tijdelijk) op te slaan. Als je de + en de - van een geladen condensator met elkaar verbindt, gaat er even een grote stroom lopen. De spanning over de condensator daalt dan.

FIG. 19 Het opladen van een condensator.



## Samenvatting

- 1 Elektrische stroom is bewegende lading.
- 2 Elektrische stroom ontstaat als je twee voorwerpen met elkaar verbindt waarop de ladingsverdeling verschillend is.
- 3 Het verschil in ladingsverdeling geven we aan met het begrip spanning. Hoe groter dit verschil, des te groter is de spanning.
- 4 Een spanningsbron zorgt voor een constante spanning tussen de aansluitpunten of polen.
- 5 Een spanningsbron levert de energie waar de elektrische apparaten op werken.

- 1 **a** Noem drie effecten van elektrische stroom.  
**b** Beschrijf drie proeven waaruit blijkt dat elektrische stroom en bewegende lading hetzelfde effect kunnen hebben.
- 2 **a** Wat is het symbool voor elektrische stroom?  
**b** Wat is de eenheid van stroomsterkte?  
**c** Wat is het symbool voor spanning?  
**d** Wat is de eenheid van spanning?
- 3 Als je een lampje aansluit op een batterij, gaat er een elektrische stroom lopen door het lampje.  
**a** Op welke manier kun je aantonen dat het lampje geen lading verbruikt?  
**b** Teken de schakeling die je hiervoor moet bouwen.
- 4 Twee even grote metalen bollen P en Q zijn negatief geladen (figuur 20).  
**a** Op welke bol zit de lading het dichtst bij elkaar? Je verbindt beide bollen door een snoetje van koperdraad.  
**b** Waarom gebruik je een snoetje van koperdraad?  
**c** In welke richting stroomt de lading door het snoetje?  
**d** Waarom zal er na enige tijd geen lading meer stromen?  
**e** Teken beide bollen en geef op beide bollen de verdeling van de lading aan als er geen lading meer stroomt.
- 5 Twee verschillende metalen bollen A en B krijgen evenveel negatieve lading (figuur 21).  
**a** Neem de tekening over in je schrift en geef op beide bollen de verdeling van de lading aan.  
**b** Op welke bol zitten de ladingen het dichtst bij elkaar?  
**c** In welke richting stroomt de lading, als je de bollen met elkaar verbindt?

FIG. 20 Twee even grote metalen bollen. Op bol P zit meer lading dan op bol Q.

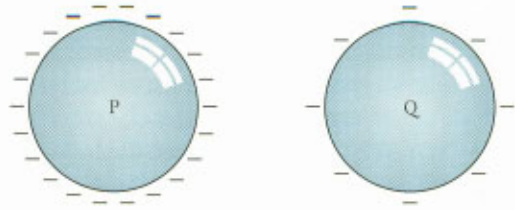
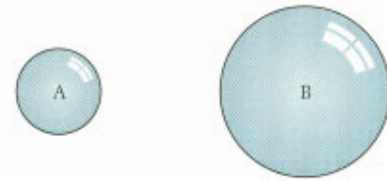


FIG. 21 Twee verschillende metalen bollen A en B.



- 6 Je verbindt de aansluitklemmen (polen) van een spanningsbron met de platen van een condensator. Met een stroommeter meet je de stroom naar één van de platen van de condensator (figuur 22).  
**a** Neem de tekening over en kleur de plaatsen blauw waar de lading even dicht op elkaar zit als aan de min-pool van de spanningsbron. Kleur de plaatsen rood waar de lading even ver uit elkaar zit als aan de plus-pool.  
**b** Waarom zal de stroommeter in het begin uitslaan?  
**c** Waarom zal de stroommeter na een tijdje niet meer uitslaan?  
**d** Wat weet je nu als je de spanning tussen de aansluitklemmen van de spanningsbron vergelijkt met de spanning tussen de platen van de condensator?  
**e** Hoe kun je dat ook in de tekening van opgave a zien?



# T3 Spanning in schakelingen

FIG. 22 Een condensator, aangesloten op een batterij.

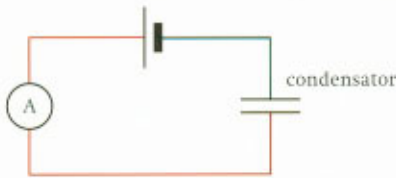
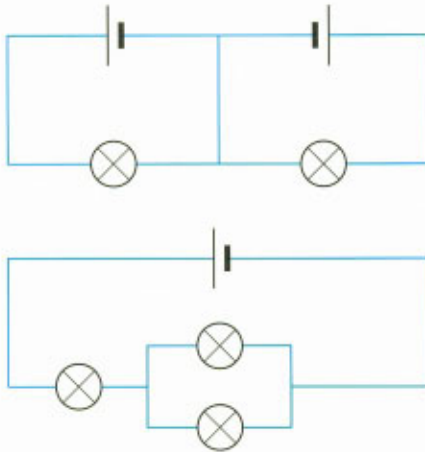


FIG. 23 Twee schakelschema's.



- 7 **a** Neem beide schakelschema's (figuur 23) over.  
**b** Kleur het gedeelte van de schakelingen blauw waar de lading even dicht op elkaar zit als aan de min-pool van de batterij.  
Kleur het gedeelte rood waar de lading even ver uit elkaar zit als aan de plus-pool.  
**c** Geef met pijlen de stroomrichtingen aan.
- 8 Bij een zaklantaarn met twee batterijen moet je de batterijen op de juiste manier aansluiten.  
**a** Maak met een tekening duidelijk waarom.  
**b** Waarom maakt het voor een zaklantaarn met één batterij niet uit hoe de batterij is aangesloten?

## Spanning meten

De spanning over een onderdeel van een schakeling meet je met een spanningsmeter. Je moet de spanningsmeter voor en achter het onderdeel aansluiten. Het gaat immers om de spanning *over* dat onderdeel. Het werken met een spanningsmeter lijkt veel op het werken met een stroommeter:

- 1 De plus-kant van de spanningsmeter komt zo dicht mogelijk bij de plus-pool van de spanningsbron. De min-kant van de spanningsmeter komt zo dicht mogelijk bij de min-pool van de spanningsbron.
- 2 Begin met het minst gevoelige bereik (waar je dus de grootste spanning op af kunt lezen). Ga pas naar een gevoeliger bereik als je zeker weet dat dit mogelijk is.
- 3 Lees op de juiste schaal af. Dit is de schaal die past bij de maximale waarde van het bereik dat je gebruikt.
- 4 De stroommeter neem je *in* de schakeling op; de spanningsmeter zet je *over* een onderdeel heen. Als je een spanningsmeter in de schakeling gebruikt, hoef je de schakeling dus niet open te breken.

## De spanning in een schakeling

Met de spanningsmeter meet je de spanning tussen twee punten. Zit de lading bij het ene punt even dicht op elkaar als bij het andere punt, dan geeft de spanningsmeter 0 V aan. Hoe groter het verschil in de verdeling van lading tussen twee punten, des te groter is de spanning die de spanningsmeter aangeeft. Een spanningsbron zorgt voor een constant verschil in ladingsverdeling tussen de beide polen. Je zult dus altijd spanning meten over een spanningsbron.

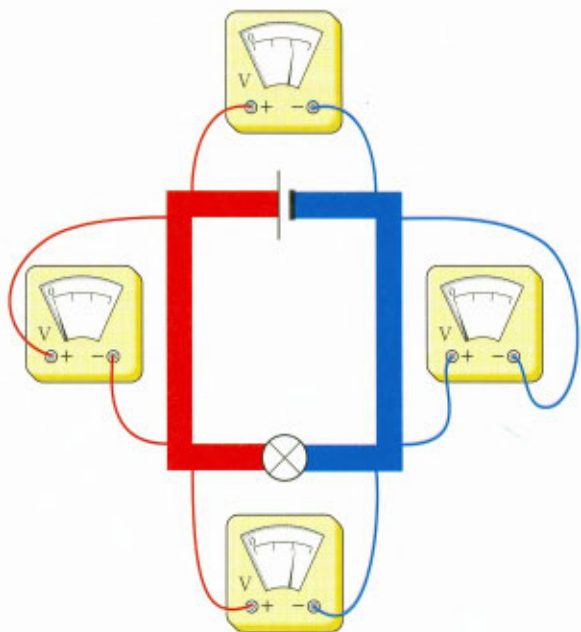


FIG. 24 Spanning meten in een schakeling.

In figuur 24 is een lamp in de schakeling opgenomen. Er loopt een elektrische stroom. Aan de ene kant van de lamp zit de lading ver uit elkaar (dit is voor de duidelijkheid rood gekleurd). Aan de andere kant van de lamp zit de lading dicht op elkaar (blauw gekleurd). Er loopt lading door de lamp. De spanningsbron zorgt ervoor dat de lading aan de ene kant van de lamp steeds even ver uit elkaar blijft zitten en houdt de lading aan de andere kant steeds even dicht op elkaar. Bekijk je de spanning over een snoertje, dan zie je dat deze 0 V is. De lading zit overal in het draadje even dicht op elkaar (er is overal dezelfde kleur getekend).

Een schakelaar heeft twee standen:

1 De schakelaar is *open*. De schakelaar laat de elektrische stroom dan niet door (figuur 25). Aan de ene kant van de schakelaar zit de lading ver uit elkaar (rood). Aan de andere kant zit de lading dicht op elkaar (blauw). De spanning van de spanningsbron (rood-blauw) staat over de schakelaar (óók rood-blauw).

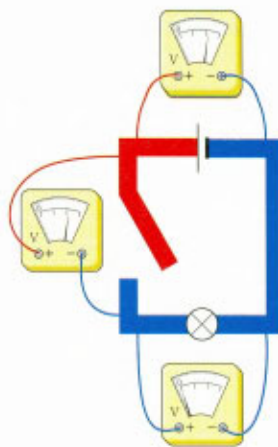


FIG. 25 De schakelaar is open.

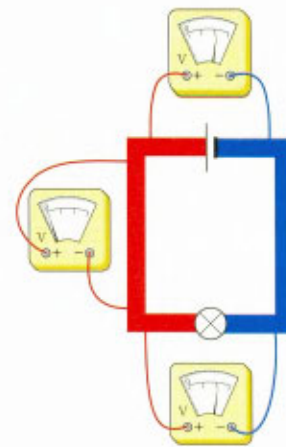


FIG. 26 De schakelaar is dicht.

2 De schakelaar is *dicht*. De schakelaar laat de elektrische stroom dan ongehinderd door (figuur 26). De lading vóór en achter de schakelaar zit even ver uit elkaar (aan beide kanten dezelfde kleur). De spanning over een dichte schakelaar is 0 V. Een dichte schakelaar noemen we ook vaak een gesloten schakelaar.

### DE SPANNING IN EEN PARALLELSCHAKELING

In figuur 27 is een parallelschakeling van twee lampen getekend. In deze figuur is ook de ladingsverdeling getekend en met kleuren aangegeven.

De spanning over de parallel geschakelde lampen is even groot en gelijk aan de spanning over de bron. Je ziet links en rechts van de lampen hetzelfde kleurverschil als over de batterij. Dit komt doordat de spanningsbron ervoor zorgt dat aan de ene kant van de lampjes de lading ver uit elkaar blijft zitten en aan de andere kant dicht op elkaar blijft zitten. Dus:

$$V_{\text{bron}} = V_{L_1} = V_{L_2}$$

### DE SPANNING IN EEN SERIESCHAKELING

Kijk je naar de verdeling van lading in een serieschakeling van twee lampen (figuur 28), dan zie je dat de lading aan de ene kant van de serieschakeling ver uit elkaar zit en aan de andere kant dicht op elkaar. De verdeling van de lading tussen de lampen zit daar tussenin.

De spanning van de bron is gelijk aan de spanning over de ene lamp plus de spanning over de andere lamp. Dus:

$$V_{\text{bron}} = V_{L_1} + V_{L_2}$$

### Samenvatting

- 1 Spanning meet je met een spanningsmeter.
- 2 Een spanningsmeter zet je parallel aan het apparaat waarover je de spanning wilt meten.
- 3 Zijn apparaten parallel geschakeld, dan is de spanning over de apparaten even groot.
- 4 Zijn apparaten in serie geschakeld, dan verdeelt de spanning zich over de apparaten.
- 5 De spanning over een snoetje is 0 V.
- 6 De spanning over een schakelaar is 0 V als de schakelaar gesloten is. Er is wel spanning over de schakelaar als hij open staat.

FIG. 27 Twee lampjes parallel.

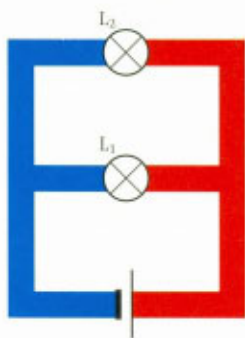
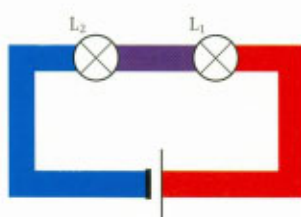


FIG. 28 Twee lampjes in serie.



- 1
  - a Teken een schakeling van een spanningsbron en twee gelijke lampjes in serie.
  - b Kleur de plaatsen waar de lading even dicht op elkaar zit als bij de min-pool van de spanningsbron blauw. Kleur de plaatsen waar de lading even ver uit elkaar zit als bij de plus-pool rood.
  - c Wat geldt er voor de spanning over ieder lampje afzonderlijk?
  - d Wat weet je van de spanning over beide lampjes samen?
  - e Hoe kun je dat aan de kleur in je tekening zien? In blok 5 van 1mhv heb je geleerd dat de stroomsterkte in een serieschakeling overal even groot is.
  - f Leg met behulp van (bewegende) ladingen uit dat dit juist is.
- 2
  - a Teken een schakeling van een spanningsbron en twee parallel geschakelde lampjes.
  - b Kleur alles wat met snoetjes met de min-pool verbonden is blauw. Kleur alles wat met snoetjes met de plus-pool verbonden is rood.
  - c Wat geldt er voor de spanning over ieder lampje afzonderlijk?
  - d Hoe kun je dat aan de kleur in je tekening zien? In blok 5 van 1mhv heb je geleerd dat de stroomsterkte in een parallelschakeling zich verdeelt.
  - e Leg met behulp van (bewegende) ladingen uit dat dit juist is.

De elektrische stroomsterkte door de batterij noemen we  $I$ , die door lampje 1  $I_1$  en die door lampje 2  $I_2$ .

  - f Wat geldt er voor de stroomsterkten  $I$ ,  $I_1$  en  $I_2$ ?



- 3** In de schakeling van figuur 29 levert de spanningsbron een spanning van 30 V. Over  $L_1$  staat 20 V.
- a** Op welke spanning brandt  $L_2$ ?  
De spanningsbron zorgt voor een stroomsterkte van 2,4 A.
- b** Hoe groot is de stroomsterkte door  $L_1$ ?  
**c** Hoe groot is de stroomsterkte door  $L_2$ ?
- 4** **a** Teken een schakeling met één batterij en drie gelijke, in serie geschakelde lampjes.  
In deze schakeling wordt de spanning over één van de lampjes gemeten en de stroomsterkte door alle lampjes.
- b** Teken de spanningsmeter en de stroommeter in de schakeling.  
De spanning over het lampje is 2,0 V.
- c** Hoe groot is de spanning over elk van de beide andere lampjes?  
**d** Welke spanning staat er over de batterij?
- 5** Een kerstboomverlichting met 11 gelijke lampjes (in serie) is aangesloten op een wandcontactdoos (220 V).
- a** Je meet met een spanningsmeter de spanning over één lampje. Wat wijst de meter aan?  
**b** Maakt het uit over welk lampje je de spanning meet? Licht je antwoord toe.

FIG. 30 Een gemengde schakeling van vier gelijke lampjes, aangesloten op een spanningsbron van 12 V.

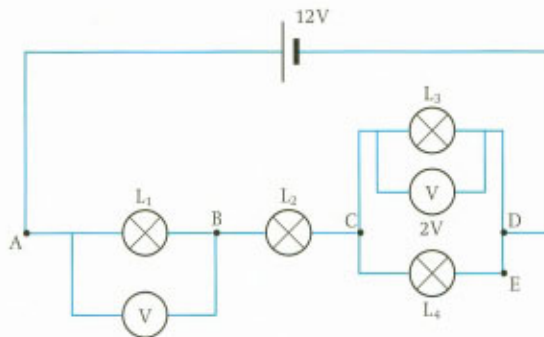
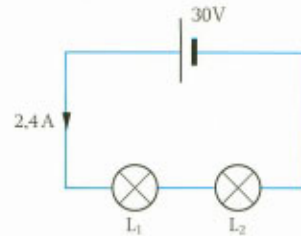


FIG. 29 Twee lampjes in serie aangesloten op een spanningsbron van 30 V.



- 6** Een platte batterij van 4,5 V bestaat uit een aantal kleine staafbatterijtjes van 1,5 V.
- a** Hoeveel staafbatterijtjes zullen dat er zijn?  
**b** Op welke manier zijn ze met elkaar verbonden?  
**c** Teken de schakeling.  
Een auto-accu bestaat uit een aantal 'cellen', die elk voor een spanning van 2 V zorgen.
- d** Hoeveel cellen bevat een accu van 12 V?
- 7** In figuur 30 zijn alle lampjes gelijk. Neem de figuur over in je schrift.
- a** Geef met verschillende kleuren aan hoe dicht de lading op elkaar zit (blauw: dicht op elkaar; donkerpaars: vrij dicht op elkaar; lichtpaars: niet dicht op elkaar; rood: ver uit elkaar).
- b** Neem de tabel van figuur 31 over in je schrift en vul hem verder in.

FIG. 31 Spanningsverschillen in de schakeling van figuur 30.

spanning	spanning (V)
over batterij	12,0
over $L_1$	5,0
over $L_2$	.....
over $L_3$	2,0
over $L_4$	.....
tussen A en C	.....
tussen A en D	.....
tussen A en E	.....

# T4 Elektrische weerstand

Alle elektrische apparaten laten stroom door. Een apparaat dat gemakkelijk stroom doorlaat, biedt weinig weerstand. Een apparaat dat moeilijk stroom doorlaat, biedt veel weerstand. De weerstand die het apparaat aan de stroom biedt, is afhankelijk van het apparaat.

## Spanning en stroomsterkte

Verhoog je de spanning over een apparaat, dan gaat er een grotere elektrische stroom door het apparaat. In een lampje (en in veel andere apparaten) zijn de spanning over het apparaat en stroomsterkte *door* het apparaat niet recht evenredig (figuur 33). Er zijn speciale weerstanden waarbij dit wél het geval is (figuur 34).

FIG. 33 ( $I, V$ )-grafiek van een lamp.

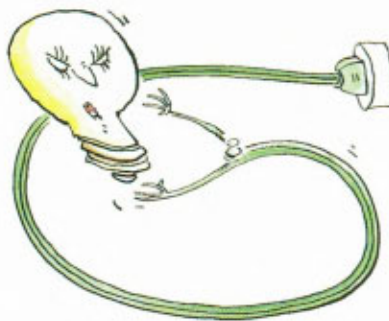
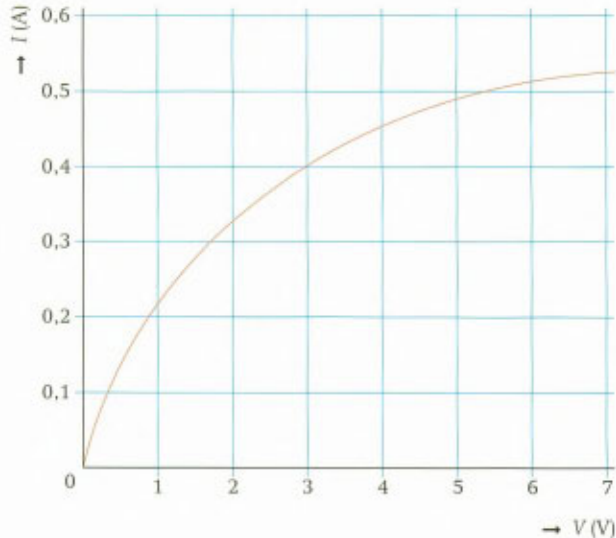
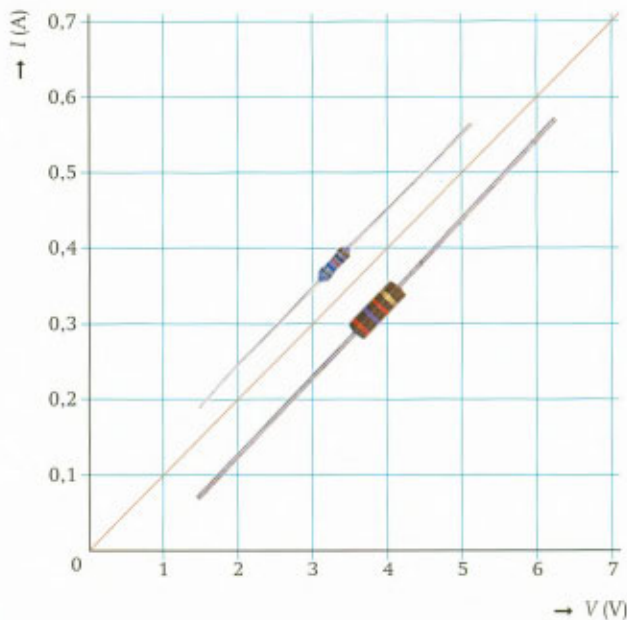


FIG. 32 Een gloeilamp met een hoge 'weerstand'.

FIG. 34 'Ohmse' weerstanden met bijbehorende ( $I, V$ )-grafiek.

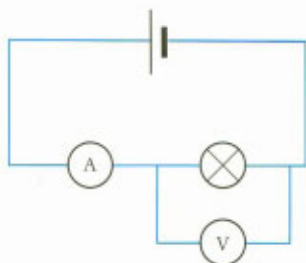


## De grootte van een weerstand

De mate waarin een apparaat weerstand biedt aan de elektrische stroom kun je met een grootheid aangeven: de *weerstand* van het apparaat, aangeduid met de hoofdletter  $R$  (van het Engelse resistance, weerstand). De weerstand van een apparaat bepaal je als volgt (figuur 35):

- 1 Je meet de spanning ( $V$ ) over het apparaat met een spanningsmeter.
- 2 Je meet de stroomsterkte ( $I$ ) door het apparaat met een stroommeter.

FIG. 35 Schakeling om de weerstand van een lamp te bepalen.



#### DE WEERSTAND VAN EEN LAMPJE

De weerstand van een lampje neemt toe als de stroomsterkte door het lampje groter wordt. Het lampje wordt dan warmer. De weerstand van de gloeidraad wordt groter als de temperatuur hoger wordt. De weerstand van een ohmse weerstand is wel steeds even groot.



#### VOLT, AMPERE EN OHM

Rond 1800 stonden deze bekende natuurkundigen aan de wieg van de elektriciteitsleer. De drie belangrijke elektrische eenheden zijn naar deze mensen genoemd.

Allessandro Volta (1745-1827) was de eerste natuurkundige die een bruikbare batterij maakte. Hij is ook de uitvinder van de elektroscop, een apparaat waarmee je ladingsverschillen kunt aantonen. Vanwege zijn verdiensten werd hij door Napoleon in de adelstand verheven.

André Ampère (1775-1836) is vooral bekend geworden door zijn onderzoek naar de samenhang tussen elektriciteit en magnetisme.

Georg Simon Ohm (1787-1854) is onder andere beroemd geworden door zijn 'wet van Ohm'. Hij ontdekte deze wet toen hij nog leraar was aan het gymnasium te Keulen.

De spanning ( $V$ ) gedeeld door de stroomsterkte ( $I$ ) is dan de weerstand ( $R$ ). In formulevorm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Deze relatie staat bekend onder de naam 'wet van Ohm'. De grootheid weerstand wordt uitgedrukt in de eenheid ohm. Het symbool voor de ohm is  $\Omega$  (spreek uit: ómega).

### Rekenen met weerstanden

**VOORBEELD 1:** Een stofzuiger werkt op 220 V. Door de stofzuiger gaat een stroom van 4 A. Dan is de weerstand van de stofzuiger:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{4} = 55 \Omega$$

Je kunt het verband tussen  $R$ ,  $V$  en  $I$  ook schrijven als:

$$V = I \cdot R$$

In veel opgaven is dat handig.

**VOORBEELD 2:** Door een weerstand van  $120 \Omega$  gaat een stroom van 0,5 A.

Hoe groot is de spanning over de weerstand?

$$V = I \cdot R$$

$$V = 0,5 \times 120 = 60 \text{ V}$$

**VOORBEELD 3:** Door de motor van een speelgoed-treintje met een weerstand van  $175 \Omega$  gaat een stroom van 80 mA.

Hoe groot is de spanning over de motor van het treintje?

Eerst  $I$  in ampère omrekenen:

$$I = 80 \text{ mA} = 0,080 \text{ A.}$$

$$V = I \cdot R = 0,080 \times 175 = 14 \text{ V}$$

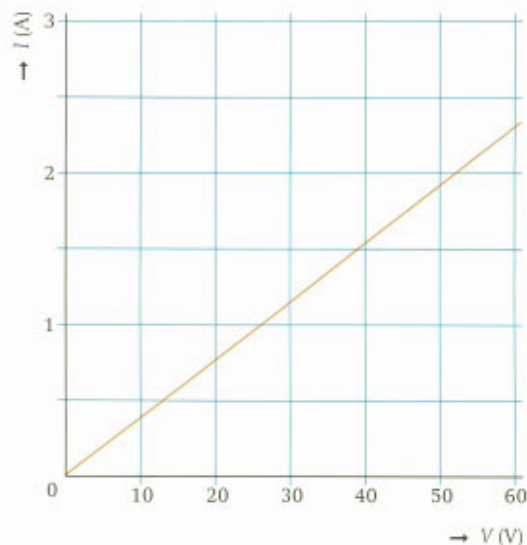
**VOORBEELD 4:** In het ( $I, V$ )-diagram van figuur 36 zie je dat de stroomsterkte 2 A is bij een spanning van 50 V. Invullen in de 'wet van Ohm' geeft:

$$50 = 2 \times R$$

$$R = 25 \Omega$$



FIG. 36 De  $(I, V)$ -grafiek van een 'ohmse' weerstand.



VOORBEELD 5: De spanning over een stuk elektriciteitsdraad is 0 V.

Voor de weerstand betekent dat:

$$0 = I \cdot R$$

$$R = \text{vrijwel } 0 \, \Omega$$

De stroom ondervindt dus praktisch geen weerstand van het snoer. Dit is ook de bedoeling, want de draden zijn immers bedoeld om de stroom zo goed mogelijk te geleiden naar het apparaat (lamp, TV, radio, enz.) en terug.

De spanning over een schakelaar is groot als de schakelaar open is. Er loopt dan geen elektrische stroom. De weerstand van een open schakelaar is oneindig groot.

Is de schakelaar gesloten, dan loopt de elektrische stroom er ongehinderd doorheen. De weerstand is dan bijna  $0 \, \Omega$ .

## Samenvatting

1 In de tabel van figuur 37 zijn een aantal grootheden op een rij gezet.

FIG. 37 Elektrische grootheden en hun symbolen.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	$V$	volt	V
stroomsterkte	$I$	ampère	A
weerstand	$R$	ohm	$\Omega$

2 De stroomsterkte door een apparaat wordt groter als de spanning groter wordt.

3 Wet van Ohm:

$$\text{weerstand} = \frac{\text{spanning}}{\text{stroomsterkte}}$$

In formulevorm:

$$R = \frac{V}{I}$$

4 a De weerstand van een 'ohmse weerstand' is constant.

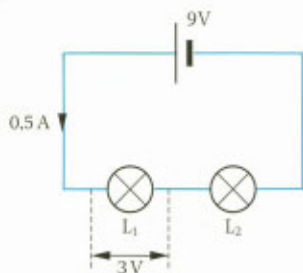
b De weerstand van een lamp neemt toe als de stroomsterkte toeneemt.

c De weerstand van een snoer is vrijwel  $0 \, \Omega$ .

d De weerstand van een open schakelaar is oneindig groot, de weerstand van een gesloten schakelaar is vrijwel  $0 \, \Omega$ .

- 1 **a** Schrijf op hoe je de weerstand van een apparaat bepaalt.  
**b** Teken het schema waarmee je de metingen kunt doen die je nodig hebt om de weerstand uit te rekenen.
- 2 In de schakeling van figuur 38 is de spanning over  $L_1$  3 V. De stroomsterkte door  $L_1$  is 0,5 A.  
**a** Hoe groot is de spanning over  $L_2$ ?  
**b** Bereken de weerstand van  $L_1$  en van  $L_2$ .  
**c** Bereken de weerstand van de twee lampen samen.  
**d** Wat valt je op?

FIG. 38 Een schakeling met twee in serie geschakelde ongelijke lampjes.

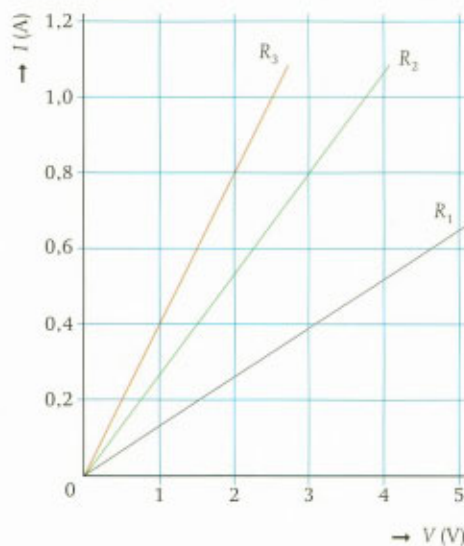


- 3 **a** Teken een parallelschakeling met twee weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  en een spanningsbron van 4,5 V. De stroomsterkte door de spanningsbron is 0,5 A, de stroomsterkte door  $R_1$  is 0,3 A.  
**b** Hoe groot is de stroomsterkte door  $R_2$ ?  
**c** Bereken de grootte van de weerstanden van  $R_1$  en  $R_2$ .
- 4 In figuur 39 staan enige gegevens van zes elektrische apparaten. Bereken telkens de ontbrekende grootte.

FIG. 39 Spanning, stroomsterkte en weerstand bij zes elektrische apparaten.

apparaat	spanning $V$ (V)	stroomsterkte $I$ (A)	weerstand $R$ ( $\Omega$ )
1	10	2	.....
2	26	.....	8
3	220	.....	40
4	3	0,75	.....
5	.....	3	12
6	.....	0,8	7,2

FIG. 40 De  $(I, V)$ -grafieken van drie verschillende weerstanden.



- 5 In het  $(I, V)$ -diagram van figuur 40 staan drie grafieken van drie verschillende weerstanden.  
**a** Hoe kun je 'meten' zien welke weerstand de grootste waarde heeft?  
**b** Bereken de waarden van de drie weerstanden.
- 6 Van een radio is gegeven dat  $I = 10$  mA en  $V = 220$  V. Bereken  $R$ .

- 7** Iemand wil de weerstand van een apparaat bepalen. Kan dat met de schakeling die in figuur 41 is getekend?  
Licht je antwoord toe.
- 8** Iemand varieert de spanning over een apparaat en meet de stroomsterkte door het apparaat. Daarna verricht hij soortgelijke metingen aan een lampje. De metingen staan in de tabel van figuur 42.
- a** Teken in één ( $I, V$ )-diagram de grafieken van het apparaat en het lampje ( $V$  horizontaal, schaal:  $2\text{ V} = 1\text{ cm}$ ;  $I$  verticaal, schaal:  $0,01\text{ A} = 1\text{ cm}$ ).
- b** Bereken de weerstand van het apparaat.  
De grafiek van het lampje is geen rechte lijn.
- c** Wat gebeurt er met de weerstand van het lampje als de spanning groter wordt?
- d** Hoe kun je aan de grafiek van de lamp zien hoe de weerstand verandert?
- 9** Een lamp is aangesloten op  $6\text{ V}$ . De stroomsterkte is  $0,2\text{ A}$ .
- a** Bereken de weerstand van de lamp.  
De lamp wordt vervolgens aangesloten op het lichtnet ( $220\text{ V}$ ). Neem aan dat de weerstand van de lamp niet verandert.
- b** Bereken de stroomsterkte door de lamp.  
De weerstand van de lamp verandert in de praktijk wèl.
- c** Beredeneer of de berekende stroomsterkte bij vraag **b** te groot of te klein is.
- d** Waarom zal deze lamp snel kapot gaan?

FIG. 41 Is deze schakeling geschikt om de weerstand van het apparaat te bepalen?

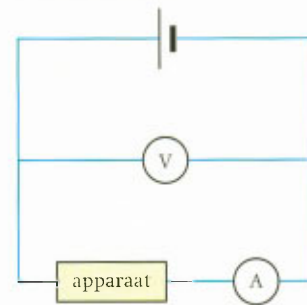


FIG. 42a Meting van de spanning over en de stroomsterkte door een apparaat.

meting	spanning (V)	stroomsterkte (A)
1	2	0,008
2	5	0,020
3	8	0,032
4	13	0,052

FIG. 42b Idem als fig. 42a bij een lampje.

meting	spanning (V)	stroomsterkte (A)
1	3	0,014
2	6	0,025
3	10	0,040
4	13	0,043



## T5 Enkele bijzondere weerstanden

Eigenlijk is een ohmse weerstand heel bijzonder. De weerstandswaarde verandert niet als je de spanning over de weerstand groter maakt. Er gaat dan een grotere stroom door de weerstand. In de meeste gevallen zal de weerstand daardoor warmer worden. De meeste metalen laten de stroom moeilijker door als de temperatuur toeneemt. Bij de lamp heb je dat gemeent. Een gloeilamp heeft eigenlijk een heel normale  $(I,V)$ -grafiek.

In deze paragraaf leer je weerstanden kennen die onder bepaalde omstandigheden bijzonder reageren.

### NTC-weerstanden (Negatieve TemperatuurCoëfficiënt)

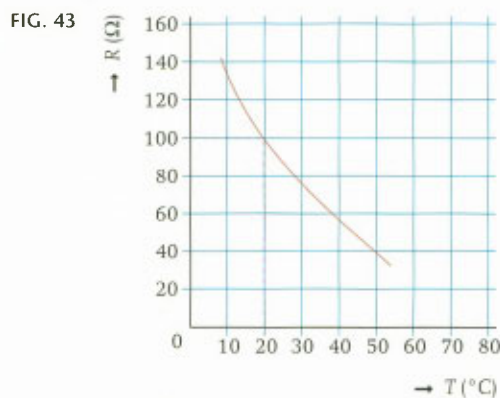
De weerstand van een NTC hangt af van zijn temperatuur. Als de temperatuur van de NTC hoger wordt, wordt de weerstandswaarde *kleiner*.

De NTC is daardoor ook als thermometer te gebruiken. Daartoe bepaal je de weerstand van de NTC bij allerlei temperaturen. Daarna kun je een grafiek maken (de ijkgrafiek), waarin je kunt aflezen welke temperatuur bij welke weerstandswaarde hoort.



#### EEN NTC ALS THERMOMETER

In figuur 43 is de ijkgrafiek van een NTC getekend. Als de weerstand van de NTC  $100\ \Omega$  is, dan is de temperatuur  $20^\circ\text{C}$ .



### LDR's (Light Dependent Resistance)

De LDR is een weerstand waarvan de weerstandswaarde kleiner wordt als er licht op valt. Een LDR kan gebruikt worden om de lichtsterkte te meten (bijvoorbeeld in een fototoestel). Je komt de LDR ook tegen bij beveiligingen en alarminstallaties.

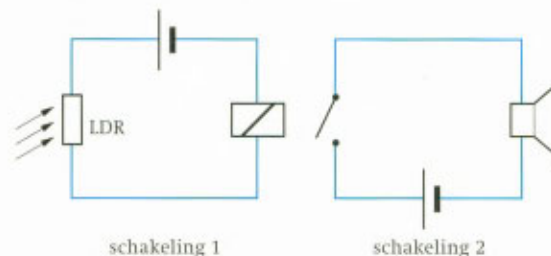


#### EEN LDR IN EEN ALARMINSTALLATIE

In figuur 44 is een schakeling getekend waarbij een signaal klinkt als een lichtstraal naar de LDR onderbroken wordt.

Als het licht van het lampje op de LDR valt, loopt er een stroom in schakeling 1. Het relais staat dan open en er loopt geen stroom in schakeling 2. Wordt de lichtstraal onderbroken, dan valt er geen licht op de LDR. De weerstand van de LDR wordt daardoor veel groter, zodat er in schakeling 1 vrijwel geen stroom meer loopt. Het relais sluit dan schakeling 2, zodat daar wel een stroom gaat lopen. Vervolgens gaat het signaal over.

FIG. 44 Toepassing van een LDR in een alarminstallatie.



### Diodes

Een diode laat de stroom maar in één richting door. Dit wordt de *doorlaatrichting* genoemd. Draai je de diode om, dan is de weerstand heel groot. De diode verspert dan de stroom. Deze richting heet de *sperrichting*.

Je kunt de diode gebruiken als *beveiliging* bij gelijkstroomapparatuur. Als de stroom maar in één richting door een apparaat mag, kun je met een diode voorkomen dat de stroom de verkeerde kant op gaat. Met een schakeling met diodes kun je van een *wisselspanning* (daarbij wisselen de + en de - voortdurend van teken) een *gelijkspanning* maken (figuur 46). Dit heet *gelijkrichten*.

Een *LED* (Light Emitting Diode) is een speciaal soort diode. Als een LED in doorlaatrichting is geschakeld (er loopt dan een stroom doorheen), gaat deze diode licht uitzenden.

Een LED kun je gebruiken als *signaallampje*. Het voordeel van een LED is dat hij een klein vermogen heeft. Hij verbruikt dus heel weinig elektrische energie. Zo wordt bij een automatische camera met een groene LED aangegeven of er juist is ingesteld. Met een rode LED wordt gesignaleerd dat er extra flitslicht zal worden gebruikt.

FIG. 45 Doorlaat- en sperrichting bij een diode.

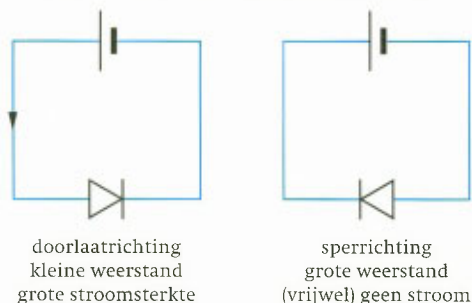


FIG. 46 Het gelijkrichten van een wisselstroom.

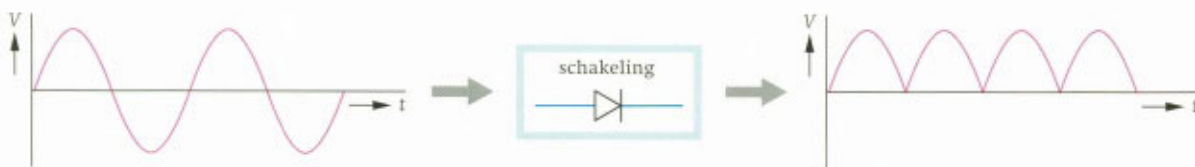


FIG. 47 'Schakelaar' open. Er loopt geen stroom door  $R$ .

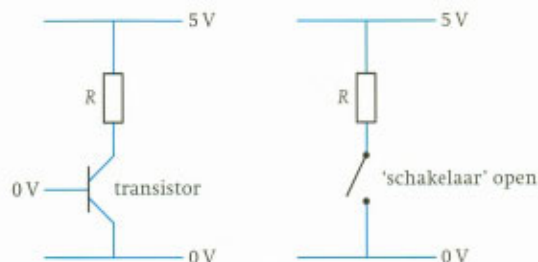
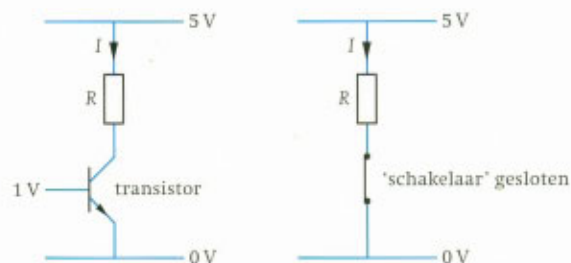


FIG. 48 'Schakelaar' dicht. Er loopt wel stroom door  $R$ .



## Transistoren

Een diode wordt van speciaal halfgeleidermateriaal gemaakt. Een transistor wordt ook van dit soort materialen gemaakt. Een transistor kun je als een (heel kleine) schakelaar gebruiken (figuur 47 en 48). In een chip zitten honderden van dit soort transistoren op  $1 \text{ mm}^2$ .

- 1 Maak het overzicht van figuur 49 af.

FIG. 49 Overzichtstabel weerstanden.

component	symbool	bijzonderheden	toepassing
lamp	.....	grotere weerstand bij een grotere spanning over de lamp	verlichting
weerstand	.....	.....	.....
NTC	.....	.....	.....
LDR	.....	.....	.....
diode	.....	.....	.....
LED	.....	.....	.....

- 2 Als je een lamp aandoet, gaat er eerst een grote stroom doorheen. Als de gloeidraad warm is geworden, is de stroomsterkte veel kleiner.

**a** Leg uit hoe dit komt.

De gloeidraad van een lamp springt vaak kapot als je de lamp aandoet. Jan heeft een manier bedacht om dit met een NTC te voorkomen. Hij zet een NTC in serie met de lamp.

**b** Teken de schakeling van Jan.

**c** Wat geldt er voor de stroomsterkte door de lamp als je de lamp aandoet? Waarom?

**d** Leg uit wat er voor de stroomsterkte geldt als de lamp een tijdje brandt. (De lamp en de NTC zijn dan beide warm.)

**e** Wat is het nadeel van deze methode?

- 3 In figuur 50 zijn twee schakelingen met een diode getekend. De diode heeft een weerstand van  $10\ \Omega$  in de doorlaatrichting. De weerstand is oneindig groot als de diode spert. Bereken voor beide schakelingen de stroomsterkte door de stroommeter en de spanning die de spanningsmeter aangeeft.

FIG. 50 Twee schakelingen met een diode.

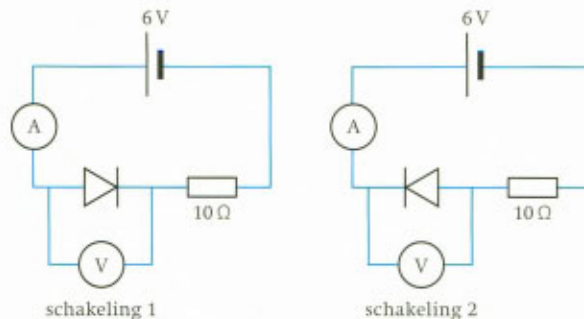
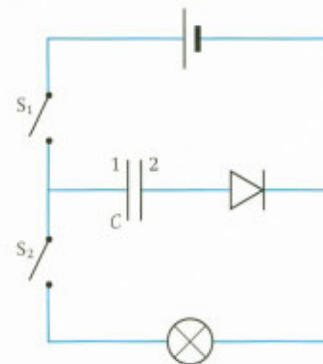


FIG. 51 Een schakeling met een diode en een condensator.



- 4 Een schakeling met een diode en een condensator. Een elektrolytische condensator is een speciale condensator. Zo'n condensator kan er niet tegen als je hem verkeerd aansluit. In figuur 51 is een schakeling getekend waarbij een diode ervoor zorgt dat de stroom maar op één manier door de schakeling kan lopen.

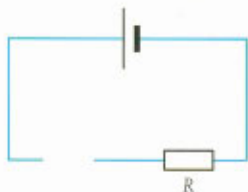
**a** Wat gebeurt er als je schakelaar  $S_1$  sluit?

**b** Leg uit wat er gebeurt als je  $S_1$  sluit, terwijl de batterij andersom in de schakeling is opgenomen. Het lampje moet zó in de schakeling opgenomen worden dat de lading van de condensator door het lampje stroomt als  $S_2$  gesloten wordt.

**c** Neem de tekening over en maak de schakeling verder af.



FIG. 52 Een LED in serie met een weerstand.



- 5 **a** Wat doet een LED?  
**b** Teken de schakeling van figuur 52 in je schrift na. Teken een LED op de lege plaats, zódanig dat de LED licht uitzendt.
- 6 **a** Bedenk een schakeling waarbij een LED gaat branden als de temperatuur *boven* een bepaalde waarde komt.  
**b** Bedenk een schakeling waarbij een LED gaat branden als de temperatuur *beneden* een bepaalde waarde komt.
- 7 Als het 's avonds donker wordt, gaat automatisch de *buitenlamp* van mijn buurman aan. Hij gebruikt géén schakelklok.  
**a** Bedenk een schakeling waarmee dat mogelijk is. De schakeling werkt. Maar de buurman is niet zo handig. Hij heeft de schakeling zó geplaatst dat als het donker wordt, de lamp eerst een tijdje aan- en uitgaat, voordat hij blijft branden.  
**b** Hoe is dat mogelijk?  
**c** Waar moet de buurman voor zorgen om de lamp meteen goed aan te laten gaan?

## BLOK 4 HERHAALSTOF

# H1 Lading; het scheiden van lading



### GELADEN VOORWERPEN

In het oude Griekenland, ongeveer 650 jaar voor de geboorte van Christus, ontdekte de filosoof Thales van Milete dat een stukje barnsteen in staat is stukjes papier en andere lichte voorwerpen aan te trekken. Hij moest het stukje barnsteen dan wel eerst wrijven met een doek. Ook andere stoffen, bijvoorbeeld hars, glas, eboniet en lak, vertonen deze eigenschap.

Veel later probeerde men een verklaring voor dit gedrag te vinden. Men dacht dat er door het wrijven iets op het voorwerp gekomen moest zijn. Dat iets noemde men 'lading'.

### Lading

In P1 heb je een aantal stoffen onderzocht die lading bevatten, nadat ze gewreven waren. Hierbij bleken sommige geladen voorwerpen elkaar aan te trekken en andere elkaar af te stoten.

Zo stoot een geladen PVC-buis een andere geladen PVC-buis af. Maar een geladen PVC-buis trekt een geladen perspex staaf aan. Een geladen perspex staaf stoot een andere geladen perspex staaf af.

Uit deze (en nog veel meer) proeven blijkt dat er twee groepen geladen voorwerpen zijn:

- 1 een groep voorwerpen die aangetrokken wordt door een geladen PVC-buis (zoals b.v. perspex);
- 2 een groep voorwerpen die afgestoten worden door een geladen PVC-buis (zoals o.a. PVC).

De volgende afspraken zijn gemaakt:

- De lading op een gewreven PVC-buis noemen we *negatief*.
- De lading op een gewreven perspex staaf noemen we *positief*.

- 1 Een geladen voorwerp wordt aangetrokken door een geladen PVC-buis.
  - a Beredeneer dat de lading op dat voorwerp positief is.
  - b Wat gebeurt er met het voorwerp als je er een geladen perspex staaf bij houdt?
- 2 Neem over wat goed is:
  - a Gelijksortige ladingen stoten elkaar af/trekken elkaar aan.
  - b Ongelijksortige ladingen stoten elkaar af/trekken elkaar aan.

Lading kun je niet zien. Toch merk je dat een voorwerp geladen is. Een geladen voorwerp kan een kracht op een ander voorwerp uitoefenen. Maar er kan ook een vonk overspringen. In de volgende opgaven ga je de lading tekenen door + of - in rondjes te zetten. Een 'ongeladen' voorwerp bevat evenveel + als - lading.

- 3 a Teken de PVC-buis uit figuur 53 over in je schrift.
  - b Geef met plus- en mintekens aan hoe de lading over de buis verdeeld is.
 Je wrijft de buis, zodat deze geladen wordt. Daardoor komt er lading op de buis bij.
  - c Teken deze lading erin je tekening bij en geef ook aan of deze positief of negatief is.

### Het scheiden van lading

Als je lading wilt laten stromen, moet je de lading uit elkaar halen. Zorg je op de ene plaats voor te veel negatieve lading en op de andere plaats voor te weinig negatieve lading, dan zal de lading proberen te stromen. De negatieve ladingen stoten elkaar af en ze proberen te bewegen in de richting van het tekort aan negatieve ladingen.

Twee soorten apparaten die voor het scheiden van lading zorgen zijn:

- de elektriseermachine (bandgenerator en elektriseermachine van Wimshurst, zie figuur 3a en b, blz. 111);
- de spanningsbron (batterij, accu, variabele spanningsbron).

FIG. 53 Een PVC-buis met lading.

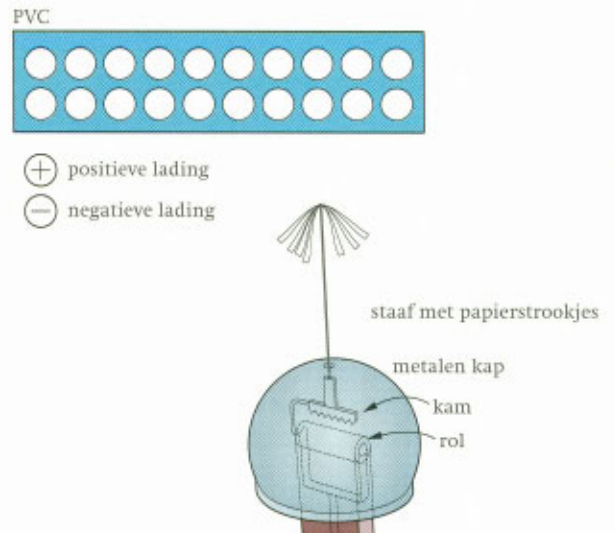


FIG. 54 Een bandgenerator.

- 4 De bandgenerator in figuur 54 is neutraal.
  - a Neem de tekening in je schrift over en geef met + en - de verdeling van de lading aan.
 Het apparaat wordt in werking gezet en alle negatieve ladingen die je getekend hebt, worden naar de kop getransporteerd.
  - b Teken figuur 54 nog eens na, maar nu met alle + en - op de goede plaatsen.
  - c Waarom zal nu de pluim uit elkaar gaan staan?
  - d Wat zal er gebeuren als de kap en de bol met elkaar verbonden worden?

FIG. 55 Een batterij.

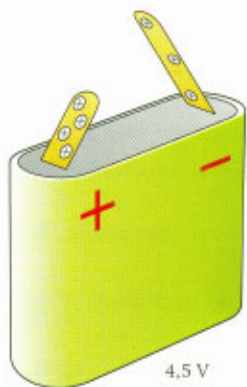


FIG. 56 Een schakeling om een condensator op te laden.

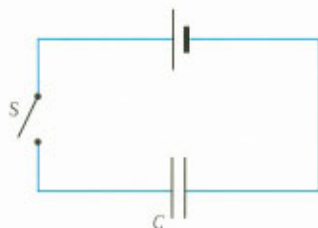
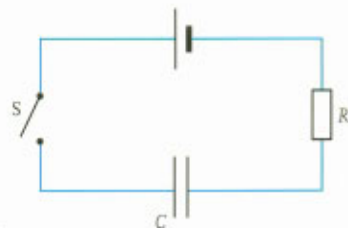


FIG. 57 Het opladen van een condensator via een weerstand  $R$ .



- 5** Ook een batterij zorgt voor een scheiding van lading. In figuur 55 is alle + lading al getekend.
- a** Teken figuur 55 na in je schrift (ruimte vrijhouden voor de - ladingen) en teken de - ladingen erbij.
- Er gaat een elektrische stroom lopen als je de polen geleidend met elkaar verbindt. Het verschil in lading tussen de + pool en de - pool blijft echter even groot.
- b** Waarvoor moet de spanningsbron dus zorgen?

Hoe groter het verschil in lading tussen de + pool en de - pool, hoe groter de spanning.

Een spanningsbron van 220 V kan de - lading nog veel dichter op elkaar brengen dan een batterij van 1,5 V. De spanning van een bandgenerator kan zelfs oplopen tot meer dan 20 000 V.

Als je de + en de - van een spanningsbron via een lampje met elkaar verbindt, gaat het lampje branden.

Als je bij een bandgenerator de kop en de onderkant via een lampje verbindt, gaat het lampje niet branden, maar de pluim zakt wel in elkaar.

- 6 a** Wat kan een bandgenerator met de lading doen, dat een batterij niet (of minder goed) kan?
  - b** Wat kan een batterij met de lading doen, dat een bandgenerator niet (of veel minder goed) kan?
- 7** In figuur 56 is een schakeling getekend waarmee je een *condensator* op kunt laden.
- a** Wat gebeurt er met de lading als je schakelaar  $S$  sluit?
  - b** Waarom wordt de ene kant van condensator  $C$  negatief?
  - c** Waarom wordt de andere kant van condensator  $C$  positief geladen?
- Plaats je een weerstand  $R$  in serie met condensator  $C$  (figuur 57), dan duurt het langer voordat de condensator 'vol' is gelopen.
- d** Leg uit hoe dat komt.
  - e** Waarvoor dient een condensator?



## H2 Het stromen van lading

### Geleiding

Elektrische stroom is niets anders dan bewegende lading. In sommige stoffen kan lading goed bewegen, in andere stoffen niet. In deze herhaaltstof doe je eerst een paar proefjes om dit te onderzoeken. Daarna volgen nog een paar vragen over elektrische stroom.

#### PROEF 1

- 1 Houd een perspex liniaal (of een PVC-buis) in het midden vast. Wrijf de ene kant met een doek.
  - a Is de gewreven kant hierdoor geladen?
  - b Is de andere kant hierdoor ook geladen?
 Controleer jouw antwoorden door met beide kanten te proberen een paar papiersnippers op te tillen.  
 Haal de liniaal (of PVC-buis) door je dichtgeknepen hand heen.
  - c Is de buis nu nog geladen?
 Controleer dit met behulp van de papiersnippers.

#### PROEF 2

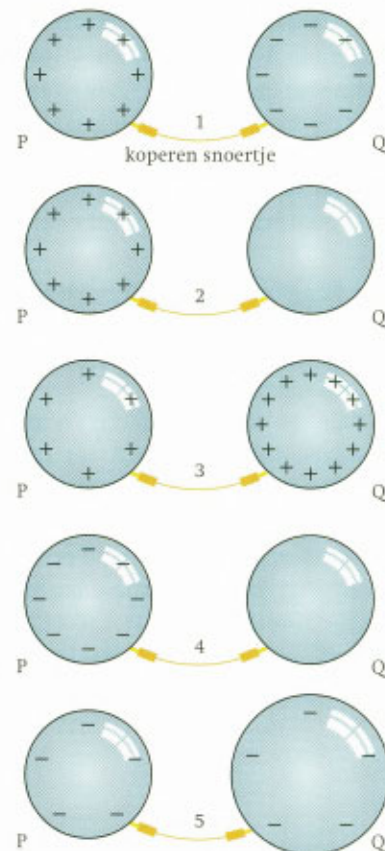
- 2 Herhaal proef 1 met een metalen voorwerp.  
Wat neem je nu waar?

Uit de twee proefjes blijkt dat lading in perspex (en PVC) opgehoopt kan worden. In een metaal lukt dit niet zo makkelijk. Dit komt doordat in perspex (en PVC) de lading niet kan bewegen en in een metaal wel. Wrijf je met een doek langs een metaal, dan komt er lading op het metaal. Omdat de lading kan bewegen, zal de lading zich over het hele voorwerp verspreiden. Een metaal noemen we een *geleider*. Jij bent echter zelf óók een geleider, dus als je het metaal vasthoudt stroomt de lading van het metaal via je hand naar de aarde weg. Je kunt metaal door wrijven dus alléén een blijvende lading geven door het *geïsoleerd* vast te houden.

In perspex en PVC blijft de lading dicht op elkaar zitten. Deze stoffen zijn makkelijk op te laden (en geladen te houden) omdat de lading in deze stoffen niet kan bewegen. Deze stoffen heten *isolatoren*.

- 3 a Leg uit waarom je na een autorit een schok kunt krijgen als je bij het uitstappen het portier van de auto aanraakt.
- b Geleidt het (droge) rubber van de banden de elektrische stroom?
- c Is de auto van een geleidend materiaal of van een isolator gemaakt?
- d Waarom zal dit verschijnsel nooit bij regen optreden?

FIG. 58 Vijf situaties met verschil in ladingsdichtheid.



- 4 Plastic tuinstoelen kunnen statisch geladen worden. Je voelt dat aan de haartjes op je benen als je op zo'n stoel zit.
- a Wat betekent 'statisch geladen worden'?
- b Is plastic een geleider of een isolator?
- 5 Grammofoonplaten 'trekken stof aan'. Hoe komt dat?

## Bewegende lading

In de meeste gevallen zullen het de negatieve ladingen (elektronen) zijn die kunnen bewegen.

- 6 In figuur 58 zijn vijf situaties getekend. Telkens worden bol P en bol Q door een geleidend draadje met elkaar verbonden.
- a In welke richting zal de lading stromen?
- b Waarom zal er lading stromen?

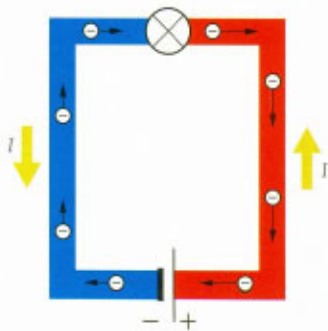
Lading gaat stromen als een punt waar de lading dicht op elkaar zit, geleidend verbonden wordt met een punt waar de lading verder uit elkaar zit.



### WAT STROOMT ER?

Tegenwoordig weten we dat het juist de negatieve ladingen in vaste stoffen zijn die van  $-$  naar  $+$  bewegen. Men heeft echter nooit de oude afspraak veranderd dat de elektrische stroom van  $+$  naar  $-$  loopt (figuur 59).

FIG. 59 In vaste stoffen beweegt de lading van  $-$  naar  $+$ . De elektrische stroom gaat (volgens afspraak) van  $+$  naar  $-$ .



De spanning tussen twee punten is de oorzaak dat er een elektrische stroom gaat lopen tussen die twee punten. Er is spanning tussen twee punten als bij het ene punt de lading dicht op elkaar zit dan bij het andere punt.

Een batterij zorgt ervoor dat bij de  $-$  pool de negatieve lading steeds dicht op elkaar zit (figuur 60).

- 7 Teken de vier schakelingen van figuur 61 over in je schrift. Teken de draden waar de lading ver uit elkaar zit rood en de draden waar de lading dicht op elkaar zit blauw.

FIG. 60 Een batterij zorgt voor een grotere negatieve ladingdichtheid aan de min-pool.

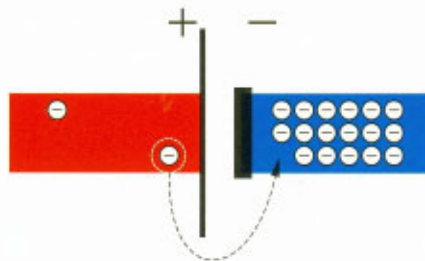
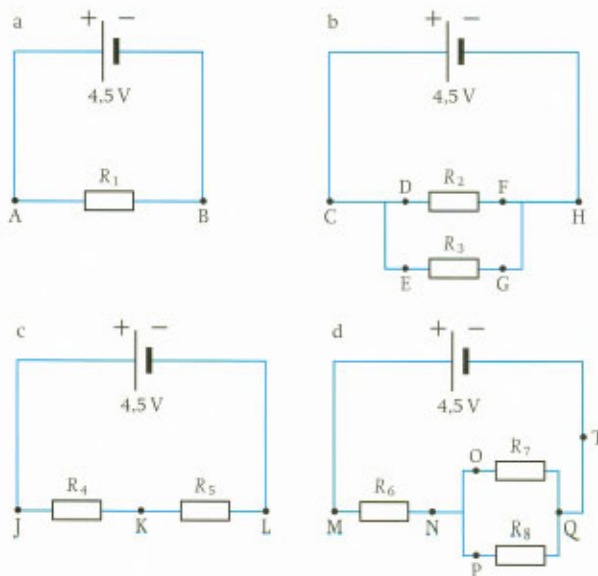


FIG. 61 Vier verschillende schakelingen.



## Spanning in schakelingen

De elektrische stroom gaat van + naar -. Omdat er tussen verschillende punten spanning is, gaat er een stroom lopen.

In figuur 61b is de spanning over  $R_2$  4,5 V, want D is verbonden met de plus-pool van de batterij (rood draadje in jouw tekening van opgave 7) en F is verbonden met de min-pool (blauw draadje in jouw tekening). Zo is ook de spanning over  $R_3$  4,5 V.

In figuur 61c is de spanning over  $R_4$  en  $R_5$  samen 4,5 V (J is met een rood snoetje verbonden met de plus-pool; L is met een blauw snoetje verbonden met de min-pool). Wil je de spanning over  $R_4$  en  $R_5$  afzonderlijk weten, dan heb je meer gegevens nodig. Is de spanning over  $R_4$  2,0 V, dan is de spanning over  $R_5$ :  $4,5 - 2,0 = 2,5$  V. Er geldt namelijk:

$$V_{R_4} + V_{R_5} = V_{\text{batterij}}$$

- 8** In de schakelingen van figuur 61 zijn batterijen gebruikt van 4,5 V.

**a** Hoe groot is de spanning tussen:

A en B; C en D; D en F; E en G; C en H?

De spanning tussen M en N is 3,5 V.

**b** Hoe groot is dan de spanning tussen:

M en O; N en O; O en Q; P en Q; M en Q; Q en T?

## Stroomsterkte in schakelingen

Elektrische stroom is het bewegen van lading. Wil je weten hoe groot de stroomsterkte op een plaats is, dan moet je in dat punt van de schakeling een stroommeter opnemen. Een stroommeter doet niets anders dan meten hoeveel lading er per seconde langs komt. Bij een splitsing verdeelt de stroom zich (figuur 62). De grootste stroom gaat langs de weg waar de stroom het makkelijkste door gaat.

FIG. 62 De elektrische stroom splitst zich.  $I = I_1 + I_2 = I$ .

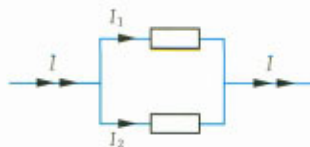
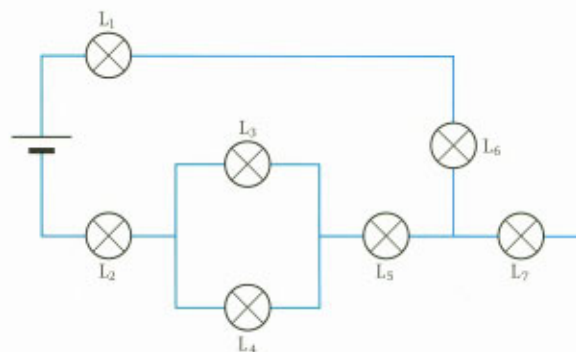


FIG. 63 Een combinatieschakeling met zeven lampjes.



- 9** Neem de schakeling van figuur 63 over in je schrift en geef met pijltjes de richting van de elektrische stroom aan.

Als je de stroomsterkte op verschillende plaatsen in een schakeling met elkaar wilt vergelijken, moet je kijken op hoeveel manieren de elektrische stroom van + naar - kan komen.

In de schakelingen a en c van figuur 61 kan dat maar op één manier. Overal is de stroomsterkte even groot, want overal komt per seconde evenveel lading langs.

- 10 a** Teken schakeling b en d van figuur 61 nog eens over.

**b** Teken in schakeling b de wegen waar de elektrische stroom van + naar - langs kan komen.

**c** In welke van de aangegeven punten van schakeling b is de stroomsterkte het grootst?

**d** Teken in schakeling d de wegen waar de elektrische stroom van + naar - langs kan komen.

**e** In welke punten van schakeling d is de stroomsterkte het grootst?

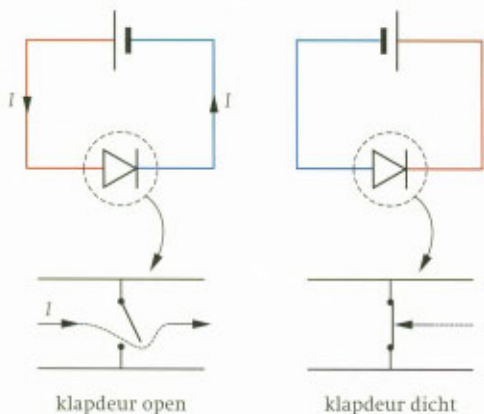


## H3 Spanning en stroomsterkte meten; weerstand

- 11** Je berekent nu de stroomsterkte op verschillende plaatsen in de schakelingen van figuur 61. Daarvoor heb je wel wat extra gegevens nodig. In punt A is de stroomsterkte 0,5 A.
- a** Hoe groot is de stroomsterkte in punt B?
  - In punt C is de stroomsterkte 0,7 A. In punt D is de stroomsterkte 0,5 A.
  - b** Hoe groot is de stroomsterkte in punt E, punt F, punt G en punt H?
  - In punt J is de stroomsterkte 0,3 A.
  - c** Hoe groot is de stroomsterkte in de punten K en L?
  - In punt M is de stroomsterkte 0,4 A. In punt O is de stroomsterkte 0,1 A.
  - d** Hoe groot is de stroomsterkte in de punten N, P en T?

- 12** Een *diode* werkt als een klapdeur. Je kunt wel van de ene kant door de deur. Kom je van de andere kant, dan klappt de klapdeur dicht.
- In figuur 64 zijn twee schakelingen met een diode getekend.
- a** Wat gebeurt er met de lading als de diode spert?
  - b** Wat gebeurt er met de lading als de diode doorlaat?
  - c** Waarom is het veel verstandiger om een weerstand in serie met de diode te zetten?

FIG. 64 De werking van een diode in een stroomkring.



### Spanning meten

In de schakeling van figuur 65 is er spanning over het lampje. Aan de ene kant zit de lading dicht op elkaar (daar is de schakeling blauw gekleurd). Aan de andere kant zit de lading ver uit elkaar (rood gekleurd). Is er een verschil in kleur in de tekening, dan is er ook spanning.

- 1 a** Wat is spanning?
- b** Waarom moet je spanning altijd tussen twee punten meten?

In figuur 66 is voorgedaan hoe je de spanningsmeter moet opnemen in je schakeling.

FIG. 65 Spanning in een schakeling.

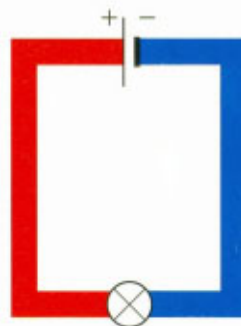
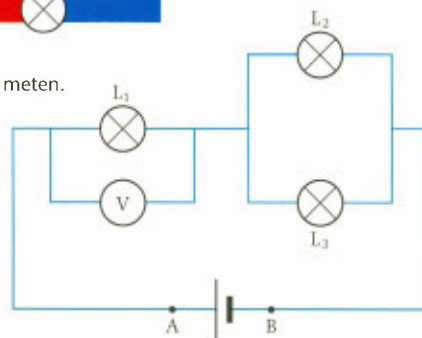


FIG. 66 Spanning meten.



- 2 a Neem de schakeling van figuur 66 over in je schrift.  
 b Teken zelf hoe je de spanningsmeter moet schakelen om de spanning over  $L_2$  en  $L_3$  te meten.  
 c Teken ook een spanningsmeter die de spanning meet tussen A en B.
- 3 In figuur 67 zie je een foto van een spanningsmeter. Welke handelingen moet je verrichten om een onbekende spanning te meten?
- 4 Welk maximaal meetbereik van de spanningsmeter van figuur 67 gebruik je als je een spanning wilt meten van:  
 a 6 V;  
 b 0,2 V;  
 c 24 V.

### Stroomsterkte meten

Er gaat een elektrische stroom lopen als aan twee eisen voldaan is:

- 1 Er moet spanning zijn tussen twee punten.
- 2 De lading moet via snoertjes en apparaten van het ene punt naar het andere punt kunnen stromen.

Een elektrische stroom is niets anders dan het bewegen van lading.

In figuur 68 is een schakeling getekend. Waar de lading dicht op elkaar zit zijn de draadjes blauw gekleurd. Waar de lading ver uit elkaar zit zijn de draadjes rood.

FIG. 68 Stroomsterkte meten voor en na een weerstand.

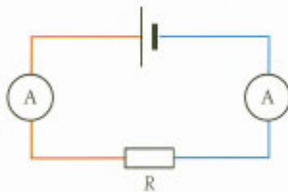


FIG. 67 Een spanningsmeter.

- ~ betekent wisselspanning;  
 = betekent gelijkspanning



- 5 a Leg met behulp van lading uit wat een stroommeter doet.  
 b Waarom moet je de schakeling openbreken als je ergens de stroomsterkte wilt meten?  
 c Waarom is in figuur 68 de kleur van de draadjes voor en achter de stroommeter hetzelfde?
- 6 Teken de schakeling van figuur 66 nog een keer in je schrift, maar geef nu aan hoe je de stroommeters  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  en  $A_4$  moet schakelen om de stroomsterkte door  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  en in punt B te meten.
- 7 In figuur 69 zie je een foto van een stroommeter.  
 a Welke handelingen moet je verrichten om een onbekende stroom te meten?  
 b Welke schaal gebruik je in de meter van figuur 69 als je een stroomsterkte wilt meten van:  
 – 6 mA;  
 – 0,2 A;  
 – 120 mA;  
 – 2 A;  
 – 0,05 mA?



FIG. 69 Een stroommeter.



symbool stroommeter

## Weerstand

De weerstand van een apparaat geeft aan hoe moeilijk een stroom door dat apparaat kan gaan.

VOORBEELD 1: Een snoer heeft een weerstand van  $0\ \Omega$ ; het kost de elektrische stroom geen moeite om door een snoer te gaan.

VOORBEELD 2: Een open schakelaar heeft een heel grote weerstand; de elektrische stroom kan niet door een open schakelaar.

8 Wat weet je van de weerstand:

- a** van een gesloten schakelaar;
- b** tussen de gaatjes van het stopcontact als er geen stekker in zit;
- c** van een brandende lamp;
- d** van je eigen lichaam;
- e** van de stroommeters in figuur 68;
- f** van een diode in de doorlaatrichting;
- g** van een diode in de sperrichting;
- h** van een NTC als hij koud is;
- i** van een NTC als hij warm is;
- j** van een LDR als er licht op valt;
- k** van een LDR als er geen licht op valt?

De spanning maakt het mogelijk dat er een stroom gaat lopen. De weerstand bepaalt hoe groot de stroomsterkte bij een bepaalde spanning is.

Er geldt de wet van Ohm:

$$\text{weerstand} = \frac{\text{spanning}}{\text{stroomsterkte}}$$

Of in formulevorm:

$$R = \frac{V}{I}$$

In de tabel van figuur 70 zijn de elektrische grootheden, de bijbehorende eenheden en de gebruikte symbolen nog eens keurig gerangschikt.

FIG. 70 Elektrische grootheden, eenheden en hun symbolen.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	$V$	volt	$V$
stroomsterkte	$I$	ampère	$A$
weerstand	$R$	ohm	$\Omega$

Als je twee van de drie grootheden uit de formule weet, kun je de derde berekenen.

VOORBEELD 1:  $V = 10\text{ V}$ ,  $I = 2\text{ A}$ ,  $R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2} = 5\ \Omega$

VOORBEELD 2:  $I = 2\text{ A}$ ,  $R = 5\ \Omega$ ,  $R = \frac{V}{I} \rightarrow V = I \cdot R \rightarrow V = 2 \times 5 = 10\text{ V}$

VOORBEELD 3:  $V = 10\text{ V}$ ,  $R = 5\ \Omega$ ,  $V = I \cdot R \rightarrow 10 = I \times 5 \rightarrow I = \frac{10}{5} = 2\text{ A}$

In figuur 71 zie je hoe je metingen moet doen om de weerstand  $R$  te bepalen.

FIG. 71 Schakeling om de weerstandswaarde van  $R$  te bepalen.

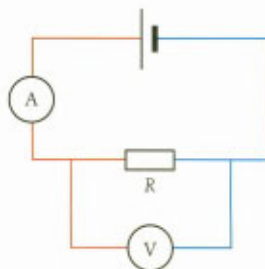
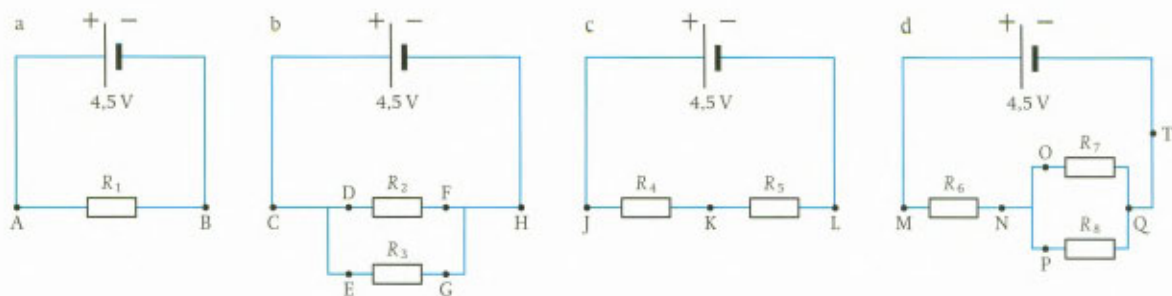


FIG. 72 Vier verschillende schakelingen.



- 9 a Waarom is de kleur voor en na de stroommeter in figuur 71 hetzelfde?  
b Waarom is de kleur voor en na de spanningsmeter *niet* hetzelfde?  
Door een goede spanningsmeter gaat vrijwel geen stroom.  
c Wat geldt er dus voor de weerstand van een goede spanningsmeter?

- 10 In figuur 72 zijn vier schakelingen getekend. De gegevens van deze schakelingen staan in de tabel van figuur 73. Neem de tabel over en vul hem verder in.

FIG. 73 Gegevens van de schakelingen uit figuur 71.

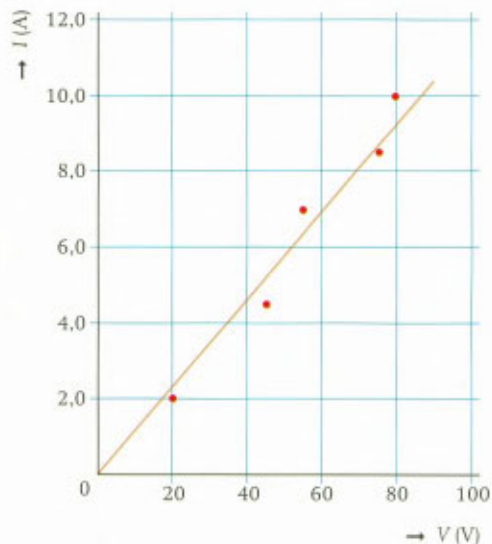
onderdeel	$V$ (V)	$I$ (A)	$R$ ( $\Omega$ )
batterij a	4,5	2,0	
$R_1$	.....	.....	.....
batterij b	4,5	3,0	
$R_2$	.....	2,0	.....
$R_3$	.....	.....	.....
batterij c	4,5	0,5	
$R_4$	2,0	.....	.....
$R_5$	.....	.....	.....
batterij d	4,5	0,75	
$R_6$	.....	.....	4,0
$R_7$	.....	0,25	.....
$R_8$	.....	.....	.....

- 11 Ook uit een  $(I, V)$ -diagram kun je een weerstandswaarde bepalen.  
Iemand heeft aan een weerstand wat metingen gedaan (zie de tabel van figuur 74). In figuur 75 zie je hoe daarvan een  $(I, V)$ -diagram is gemaakt.

FIG. 74 Enige metingen aan een weerstand.

$V$ (V)	$I$ (A)
20	2,0
45	4,5
55	7,0
75	8,5
80	10,0

FIG. 75 Het  $(I, V)$ -diagram van de weerstand.



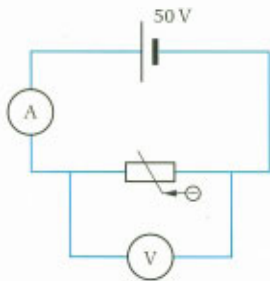


- a** Bereken voor iedere meting de waarde van de weerstand.
- b** Hoe moet je uit de grafiek de waarde van de weerstand bepalen?
- c** Bepaal de waarde van de weerstand uit de grafiek.
- d** Waarom is het beter de waarde van de weerstand uit de grafiek te bepalen dan uit de tabel?

**12** In figuur 76 zie je een schakeling met een NTC. Bij de heersende temperatuur heeft de NTC een weerstand van  $200\ \Omega$ . De NTC is aangesloten op een spanning van 50 V.

- a** Bereken de stroomsterkte door de NTC. De temperatuur gaat omlaag.
- b** Wat gebeurt er dan met de weerstand van de NTC?
- c** Wat gebeurt er met de uitslag van de spanningsmeter?
- d** Wat gebeurt er met de uitslag van de stroommeter?

FIG. 76 Schakeling om de weerstand van een NTC te bepalen.



**13** Als een NTC steeds op dezelfde temperatuur gehouden wordt, gedraagt de NTC zich als een ohmse weerstand.

In figuur 77 is het  $(I, V)$ -diagram getekend van een NTC die in een bakje water van  $20\ ^\circ\text{C}$  gehouden wordt.

**a** Bepaal de weerstand van de NTC bij  $20\ ^\circ\text{C}$ .  
 Jet haalt de NTC uit het water, waardoor de temperatuur van de NTC toeneemt.

**b** Waarom wordt de NTC warmer?

**c** Wat gebeurt er met de weerstand van de NTC? De spanning over de NTC was 2,5 V en blijft dat.

**d** Wat gebeurt er (dus) met de stroomsterkte door de NTC nu hij warm wordt?

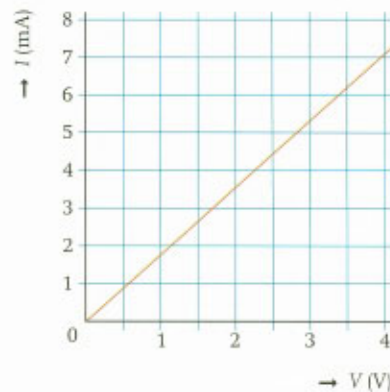
Na korte tijd is de weerstand van de NTC half zo groot als bij de metingen bij  $20\ ^\circ\text{C}$ .

**e** Neem figuur 77 over en geef in je diagram aan hoe groot de stroomsterkte bij de spanning van 2,5 V nu geworden is.

**f** Schets de  $(I, V)$ -grafiek van een niet-gekoelde NTC (bij 0 V is de temperatuur  $20\ ^\circ\text{C}$ ; bij 2,5 V is de stroomsterkte zoals je al in je diagram getekend hebt).

**g** Waarom is het verstandig om een NTC te koelen?

FIG. 77  $(I, V)$ -diagram van een NTC bij  $20\ ^\circ\text{C}$ .



## E1 Zelf spanningsbronnen maken

Als je een lampje aansluit op een batterij of een accu, gaat dat lampje branden. De spanning tussen de polen of aansluitklemmen van de batterij of accu veroorzaakt de elektrische stroom door het lampje. Maar hoe ontstaat de spanning tussen de aansluitklemmen? In een batterij of in een accu vindt een chemische reactie plaats. Bij deze reactie worden ladingen verplaatst. De energie die hiervoor nodig is, ontstaat uit chemische energie. De chemische energie wordt in de batterij en de accu omgezet in elektrische energie. In deze extrastof ga je zelf een spanningsbron maken. Daarvoor onderzoek je eerst welke materialen je het best kunt gebruiken.

Aan het einde komen we terug op de accu en de batterij.



FIG. 78 Een 'spannende' citroen.

### 1 Een citroen als spanningsbron (figuur 78).

**BENODIGDHEDEN:** een citroen (eventueel te vervangen door een sinaasappel), twee stukjes ijzerdraad, twee stukjes koperdraad, een spanningsmeter.

Neem een stukje ijzerdraad en een stukje koperdraad en steek die in een citroen. De draadjes mogen elkaar niet raken.

**a** Meet met een spanningsmeter de spanning tussen beide draden. Noteer de gemeten waarde. Steek nu twee stukjes ijzerdraad in de citroen.

**b** Meet opnieuw de spanning en noteer deze.

**c** Doe hetzelfde voor twee stukjes koperdraad.

**CONCLUSIE:** er ontstaat alleen spanning tussen de draden als ze van verschillende soorten metaal zijn.

De draden in de citroen reageren met het citroensap. Verschillende draden reageren blijkbaar verschillend met het citroensap.

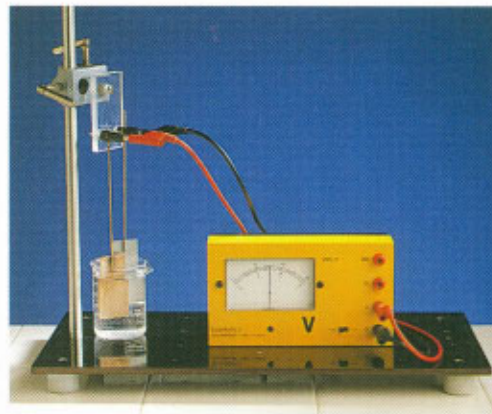
### 2 Onderzoek naar de beste materialen.

Je gaat nu onderzoeken welke materialen je het best kunt gebruiken om een spanningsbron te maken.

Voor dit onderzoek heb je nodig:

- metalen plaatjes van koper, zink, ijzer, aluminium;
- een koolstof-staafje;
- een bekersglas;
- kraanwater;
- pekkel (oplossing van keukenzout in water);
- verdund zuur;
- een spanningsmeter;
- schuurpapier.

FIG. 79 Opstelling voor het meten van de spanning tussen de polen van een spanningsbron.



**OPSTELLING:** Vul het bekersglas met een van de vloeistoffen. Daarin plaats je twee elektroden: de metalen plaatjes of een metalen plaatje en het koolstof-staafje. De elektroden vormen de polen van de spanningsbron. Daarna meet je de spanning tussen de elektroden (figuur 79).

Door telkens andere elektroden te nemen en/of een andere vloeistof kun je onderzoeken welke combinatie het meest geschikt is als spanningsbron.

**UITVOERING:** Schuur de (metalen) elektroden goed schoon met schuurpapier en spoel ze daarna af onder de kraan. Vul het bekerglas met kraanwater.

**a** Meet voor verschillende paren elektroden de spanning tussen de elektroden (figuur 79). Neem de tabel van figuur 80 over en noteer daarin alle gemeten waarden.

Schuur de elektroden weer en spoel ze af onder de kraan.

**b** Herhaal de metingen met pekkel.

**c** Maak de elektroden weer schoon en herhaal de metingen met verdund zuur.

**LET OP:** verdund zuur is agressief; spoel de elektroden na het meten goed af onder de kraan.

### 3 Een zelfgemaakte spanningsbron.

Je onderzoekt nu of je zelf een goede spanningsbron kunt maken. Daarvoor meet je hoe lang een lampje op jouw bron kan branden.

Voor deze meting heb je behalve de benodigheden van proef 2 nodig:

- een stroommeter,
- een lampje,
- een stopwatch.

**a** Kies op basis van je metingen de materialen die je het meest geschikt vindt om een spanningsbron te maken.

**b** Schuur de elektroden goed schoon en spoel ze af onder de kraan.

**c** Maak de spanningsbron. Sluit het lampje en de stroommeter in serie aan op de spanningsbron.

**d** Meet hoe lang het lampje brandt en meet de tijd dat de stroommeter een uitslag geeft.

Noteer de gemeten waarden.

**e** Zou je deze zelfgemaakte spanningsbron in de praktijk kunnen gebruiken? Licht je antwoord toe.

**f** Hoe zou je een spanningsbron kunnen maken met een hogere spanning?

**FIG. 80** Tabel voor de gemeten waarden. Vul steeds de gemeten spanning  $V$  in.

elektroden	water	pekkel	verdund zuur
koper en ijzer	.....	.....	.....
koper en aluminium	.....	.....	.....
koper en koolstof	.....	.....	.....
koper en zink	.....	.....	.....
ijzer en aluminium	.....	.....	.....
ijzer en koolstof	.....	.....	.....
ijzer en zink	.....	.....	.....
zink en koolstof	.....	.....	.....
zink en aluminium	.....	.....	.....
aluminium en koolstof	.....	.....	.....

### 4 Een 4,5 V-batterij en een accu (6 V of 12 V) zijn op hetzelfde principe gebaseerd. Probeer door eigen onderzoek de volgende vragen te beantwoorden. (Maak eventueel gebruik van boeken uit de bibliotheek.)

**a** Welke vloeistof gebruikt men in een accu?

**b** Van welke materialen zijn de elektroden van een accu gemaakt?

**c** Hoeveel elektroden heeft een 6 V-accu?

**d** Hoe zijn de elektroden in een 6 V-accu geschakeld?

**e** Hoe groot is de spanning tussen de eerste en de tweede elektrode van een accu?

**f** Welke (vloeistof)stoffen gebruikt men in een 4,5 V-batterij?

**g** Van welke materialen zijn de elektroden van een 4,5 V-batterij gemaakt?

**h** Maak een tekening in doorsnede van een 4,5 V-batterij.

**i** Welk voordeel heeft een 4,5 V-batterij boven een accu?

**j** Welk voordeel heeft een accu boven een 4,5 V-batterij?

## De elektroscoop en influentie

In P1 van dit blok heb je gezien dat sommige voorwerpen worden geladen door over die voorwerpen te wrijven. Wil je weten of een voorwerp geladen is, dan heb je een instrument nodig dat lading kan aantonen: de *elektroscoop*.

In P1 heb je ook gezien dat geladen voorwerpen een kracht uitoefenen op andere geladen voorwerpen. Maar een geladen voorwerp kan ook een kracht uitoefenen op voorwerpen die niet geladen zijn. Het verschijnsel dat dan optreedt noemen we *influentie*. In deze extrastof ga je na hoe een elektroscoop werkt. Daarna gebruik je de elektroscoop om het verschijnsel influentie te verklaren. Aan het einde staan een aantal proeven die je kunt uitvoeren met een elektroscoop. Deze proeven lukken alleen als het goed droog weer is. Bij vochtig weer verdwijnt de lading via de lucht. Tot slot van deze extrastof zijn vragen en opdrachten opgenomen.

FIG. 81 Een elektroscoop.



FIG. 82 Symbolen voor een elektroscoop.

### De elektroscoop

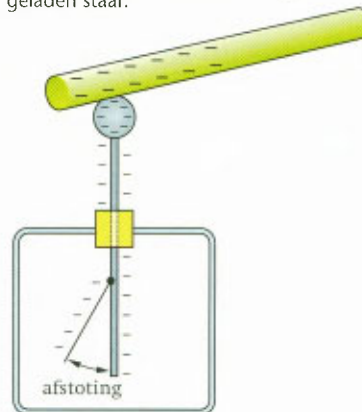
De belangrijkste onderdelen van de elektroscoop zijn (figuur 81 en 82):

- een metalen knop;
- een metalen staaf;
- een metalen of papieren wijzer;
- een metalen huis dat geïsoleerd is van de staaf door een plastic stop.

Als je de knop van de elektroscoop aanraakt met een negatief geladen staaf, stroomt er lading over van de staaf naar de elektroscoop. De overgestroomde lading verdeelt zich over de metalen staaf en de wijzer (figuur 83). Op de staaf en de wijzer zit dan dezelfde soort lading. De wijzer wordt afgestoten door de staaf en slaat uit.

- 1 Waarom moeten de knop, de staaf en de wijzer van metaal gemaakt zijn?
- 2 Wat zie je als je meer negatieve lading op de knop van de elektroscoop aanbrengt?
- 3 Je kunt een elektroscoop ontladen door je vinger tegen de knop van de elektroscoop te houden. Waar blijft dan de lading die op de elektroscoop aanwezig was?

FIG. 83 De elektroscoop wordt geladen door een negatief geladen staaf.





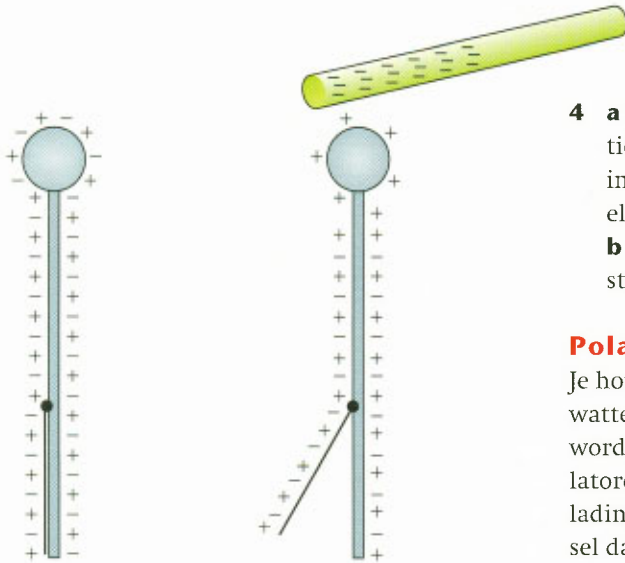


FIG. 84 Op een ongeladen elektroscop zit evenveel positieve als negatieve lading.

FIG. 85 Influentie. De negatieve lading van de staaf stoot de negatieve lading af. Er is nog geen negatieve lading van de buis overgesprongen.

### Influentie

Als de elektroscop niet uitslaat, is hij ongeladen. We noemen dit ook wel 'neutraal'. Op de elektroscop zit dan evenveel positieve als negatieve lading (figuur 84).

Houd nu een negatief geladen staaf in de buurt van de knop van de elektroscop. Zorg er wel voor dat er geen lading op de elektroscop terecht komt. Toch slaat de elektroscop uit. Blijkbaar gebeurt er iets met de verdeling van de lading op de elektroscop. De negatieve lading van de staaf stoot de negatieve lading op de knop van de elektroscop af. Deze lading stroomt naar beneden. Op de knop van de elektroscop blijft daarvoor positieve lading achter. De onderkant van de staaf en de wijzer worden negatief geladen en de wijzer slaat uit (figuur 85).

Het scheiden van lading met een geladen voorwerp noemen we *influentie*.

Als je de negatief geladen staaf weghaalt, stroomt de negatieve lading op de elektroscop weer naar boven. De uitslag verdwijnt.

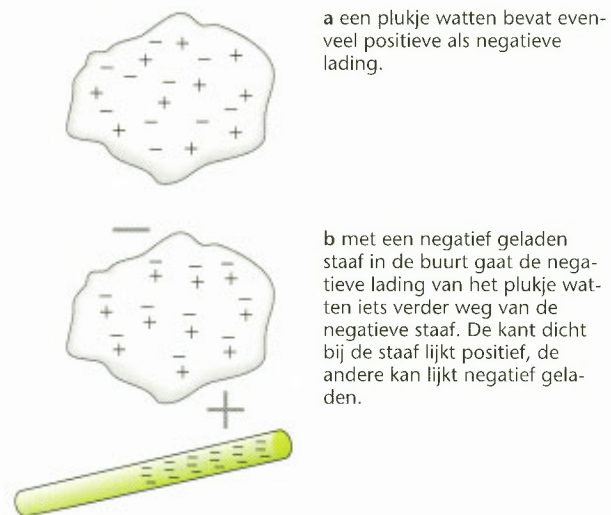
- 4 **a** Teken een ongeladen elektroscop met een positief geladen staaf in de buurt van de knop en geef in de tekening de verdeling van de lading op de elektroscop aan.
- b** Leg uit hoe deze verdeling van de lading ontstaat.

### Polarisatie

Je houdt een negatief geladen staaf in de buurt van wattenplukjes. De wattenplukjes zijn ongeladen. Toch worden ze aangetrokken. Maar wattenplukjes zijn isolatoren. Er kan dus geen influentie optreden, want lading kan alleen bewegen op geleiders. Het verschijnsel dat hier optreedt, heet *polarisatie*. De ladingen op de wattenplukjes bewegen niet, maar worden alleen iets ten opzichte van elkaar verschoven. Daardoor overheerst aan de ene kant de positieve lading en aan de andere kant de negatieve lading (figuur 86).

- 5 Teken een positief geladen staaf in de buurt van een wattenplukje en geef in de tekening met een plus aan waar de positieve lading overheerst en met een min waar de negatieve lading overheerst.

FIG. 86



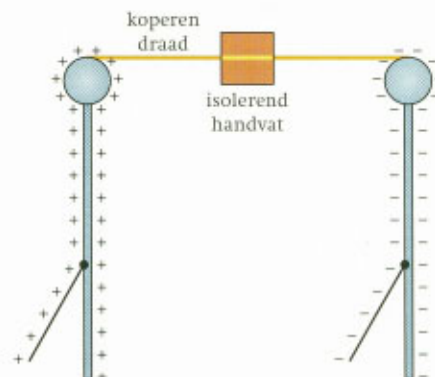
**a** een plukje watten bevat evenveel positieve als negatieve lading.

**b** met een negatief geladen staaf in de buurt gaat de negatieve lading van het plukje watten iets verder weg van de negatieve staaf. De kant dicht bij de staaf lijkt positief, de andere kant lijkt negatief geladen.

## Proeven

- 6** Wrijf een PVC-buis goed met een wollen lap. Beweeg het geladen uiteinde langzaam naar de knop van een elektroscop. De elektroscop krijgt op grotere afstand al een uitslag.
- a** Waarom is dat zo?
- De PVC-buis komt steeds dichterbij de knop van de elektroscop. Luister goed en kijk naar de uitslag van de elektroscop. Je hoort geknetter en de elektroscop krijgt een grotere (blijvende) uitslag.
- b** Leg uit wat er gebeurt.
- 7** Wrijf de PVC-buis weer goed op. Strijk met het geladen uiteinde van de buis langs de knop van de ongeladen elektroscop.
- a** Wat zie je?
- b** Welke soort lading heb je op de elektroscop aangebracht?
- Wrijf de PVC-buis weer op en houd het geladen uiteinde in de buurt van de knop van de elektroscop, maar raak de knop niet aan. Je zult zien dat de uitslag groter wordt.
- c** Hoe komt dat?
- 8** Wrijf de PVC-buis weer goed op. Houd het geladen uiteinde in de buurt van de knop van de ongeladen elektroscop.
- a** Wat zie je?
- Terwijl je de staaf in de buurt van de knop van de elektroscop houdt, raak je met je vinger even de knop aan. Je zult zien dat de uitslag verdwijnt.
- b** Hoe komt dat?
- Laat de knop los. Haal vervolgens de geladen staaf weg bij de elektroscop.
- c** Wat zie je nu?
- Wrijf de PVC-buis weer op en houd het geladen uiteinde in de buurt van de knop van de elektroscop. De uitslag van de elektroscop wordt minder.
- d** Welke soort lading zorgde bij vraag **c** voor de uitslag van de elektroscop?

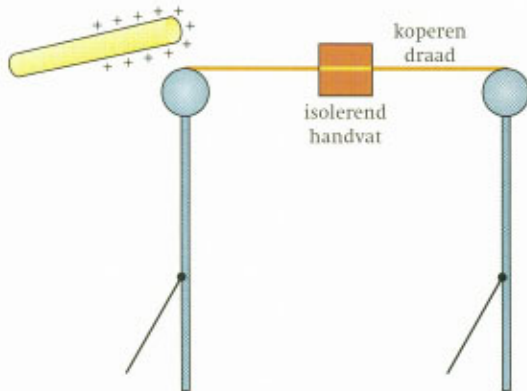
FIG. 87 Twee gelijke, even sterk maar tegengesteld geladen elektroscopen die worden verbonden door een koperdraad met isolerend handvat.



## Vragen en opdrachten

- 9** Iemand heeft twee gelijke elektroscopen. De ene is positief geladen, de andere negatief. Op beide elektroscopen zit evenveel extra lading (figuur 87). De knoppen van de elektroscopen worden met elkaar verbonden door een koperdraad, vastgehouden bij een isolerend handvat.
- a** Leg uit wat er met de uitslag van beide elektroscopen gebeurt.
- b** Waarom moet je de koperdraad bij het isolerend handvat vasthouden?
- 10** Twee gelijke, ongeladen elektroscopen zijn verbonden door een koperdraad met isolerend handvat (figuur 88). Je houdt een geladen perspex staaf in de buurt van de knop van één van de elektroscopen. Beide elektroscopen geven dan een uitslag.
- a** Teken beide elektroscopen in je schrift en geef in de tekening de ladingsverdeling op beide elektroscopen aan.
- Je haalt *eerst* de koperdraad weg (vastgehouden bij het isolerend handvat) en *daarna* de geladen staaf.
- b** Wat gebeurt er met de uitslag van beide elektroscopen?
- c** Teken nogmaals beide elektroscopen en geef in de tekening opnieuw de verdeling van de lading aan.

**FIG. 88** Twee gelijke ongeladen elektroscoopen zijn door een koperdraad met isolerend handvat verbonden. Er wordt nu een geladen perspex staaf in de buurt gehouden.

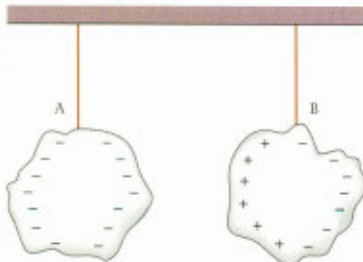


- d** Wat gebeurt als je eerst de geladen staaf weghaalt en pas daarna de verbinding tussen de elektroscoopen geïsoleerd verbreekt? Hoe komt dat?
- e** Je voert de proef uit zoals boven vraag **b** is beschreven, maar raakt bij het verbreken van de verbinding de koperdraad aan. Wat gebeurt er nu en hoe komt dat?

- 11** Twee propjes aluminiumfolie hangen vlak bij elkaar aan isolerende draadjes. Eén van de propjes raak je even aan met een geladen PVC-buis (figuur 89). Het andere propje wordt door het aangeraakte propje eerst aangetrokken en daarna afgestoten.

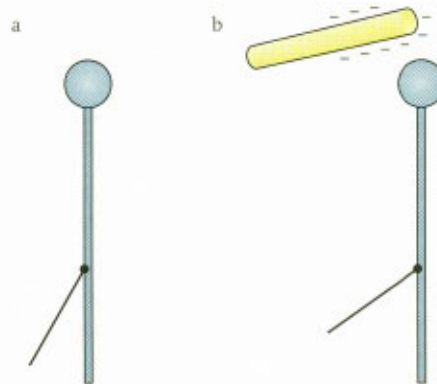
Leg met behulp van minstens twee tekeningen uit wat er (na de situatie van figuur 89) gebeurt. Geef de ladingsverdeling in je tekeningen aan.

**FIG. 89** Propje A werd zojuist met de gewreven PVC-staaf aangeraakt.



**FIG. 90**

- a** Een elektroscoop met een onbekende soort lading.  
**b** Een negatief geladen staaf vlak bij de knop.



- 12** Een elektroscoop is geladen en je wilt weten welke soort lading er op de elektroscoop zit. Je houdt een negatief geladen staaf in de buurt van de knop van de elektroscoop. De uitslag wordt dan groter (figuur 90b).

**a** Welke soort lading zit er op de elektroscoop?

**b** Leg met behulp van twee tekeningen uit wat er gebeurt als je de negatief geladen staaf in de buurt van de knop houdt.

- 13** Je blaast een ballon op en wrijft hem met een wollen lap. Als je de ballon tegen de knop van een elektroscoop houdt, slaat de elektroscoop uit. Wat gebeurt er met de uitslag van de elektroscoop als je de ballon leeg laat lopen, terwijl hij in contact met de knop blijft? Licht je antwoord toe met twee tekeningen.

## E3 Oefenvragen en opgaven

- 1 Twee platen van een condensator worden verbonden met de kap en de voet van een bandgenerator. Op de kap van de bandgenerator staat een papieren pluim (figuur 91).  
 Als je de bandgenerator aanzet, komt er negatieve lading op de kap en positieve lading op de voet van de bandgenerator.
  - a Leg uit wat er gebeurt met de papieren pluim. Je zet de bandgenerator uit.
  - Tussen de platen van de condensator hang je nu een neutraal propje aluminiumfolie, dat aan een nyloodraad zit (figuur 92).
  - Het propje gaat heen en weer bewegen tussen de platen van de condensator.
  - b Leg met behulp van een aantal tekeningen uit wat er gebeurt.
  - c Wat zie je aan de papieren pluim?
  - d Wanneer zal de slingerbeweging van het propje ophouden?
  
- 2 In een platte batterij van 4,5 V zitten drie staafbatterijen van elk 1,5 V.
  - a Geef met een tekening aan hoe de polen van de staafbatterijen met elkaar verbonden moeten zijn. Op een fietslampje staat 6 V; 0,5 A.
  - b Wat betekenen deze gegevens?
  - c Bereken de weerstand van het lampje als het wordt aangesloten op 6 V.
  - Je sluit het lampje aan op de batterij van 4,5 V.
  - d Hoe groot zal de stroom door het lampje minstens zijn? Licht je antwoord toe.
  
- 3 In een flitsapparaat zit een condensator die via een weerstand kan worden opgeladen. De spanning van de batterij is 9 V. Als je schakelaar  $S_1$  sluit gaat er een stroom lopen door de weerstand (figuur 93). Het verband tussen de stroomsterkte en de tijd (na het sluiten van  $S_1$ ) wordt gegeven in het diagram van figuur 94.

FIG. 91 De platen van een condensator zijn aangesloten op een bandgenerator.

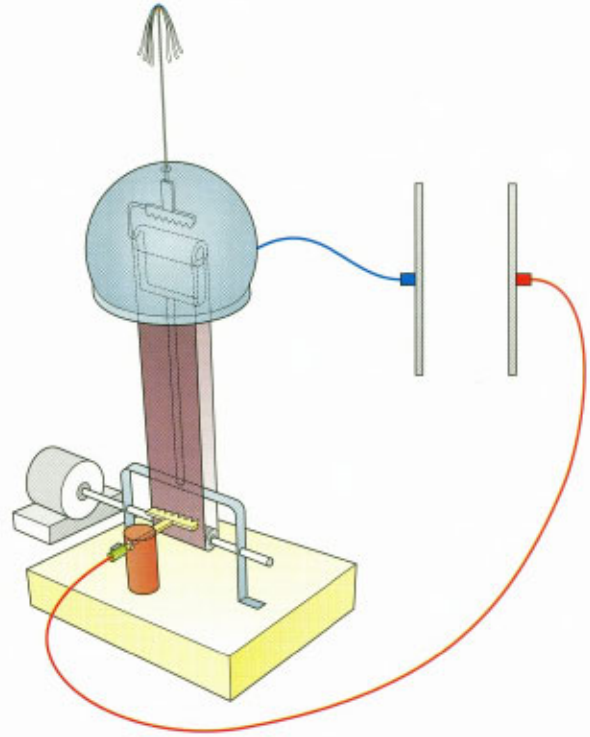
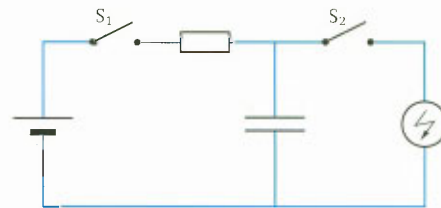


FIG. 93 Schakelschema flitsapparaat.



- a Verklaar het verloop van de grafiek.
- b Bepaal met behulp van de grafiek de waarde van de weerstand. (Let op!)
- Door het sluiten van schakelaar  $S_2$  worden de condensatorplaten verbonden met het flitslampje.
- c Leg uit wat er gebeurt als  $S_2$  wordt gesloten.
- d Waarom moet je na het maken van een flitsfoto even wachten voor je opnieuw kunt flitsen?



FIG. 92 Een neutraal propje aluminiumfolie hangt tussen de platen van de geladen condensator.

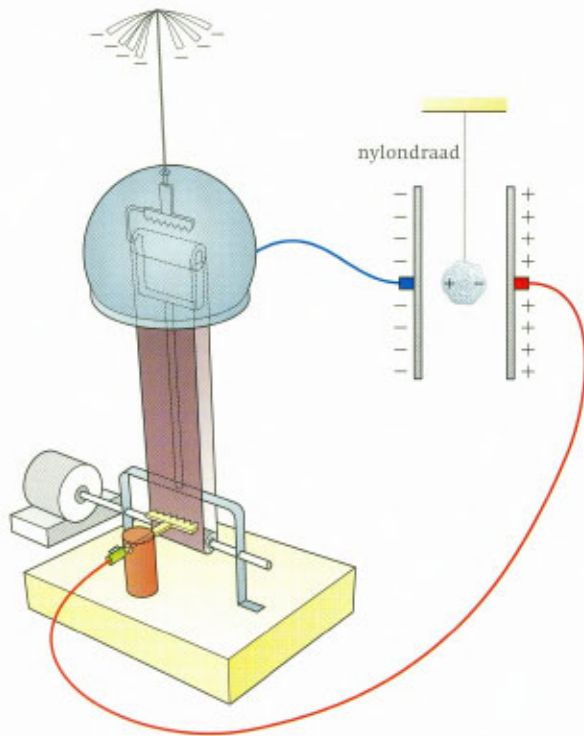


FIG. 94 De stroomsterkte tijdens het opladen van de flitsers.

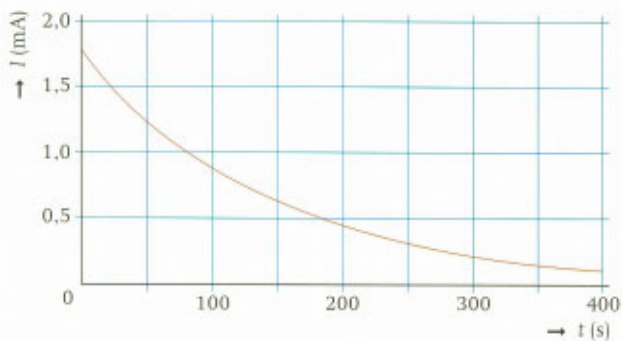
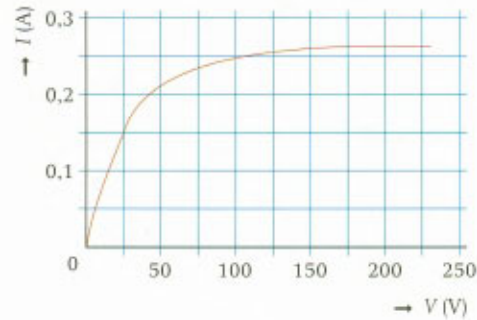


FIG. 95 Het  $(I, V)$ -diagram van een lamp voor 220 V.



- 4 Je sluit een lamp van 220 V aan op een variabele spanningsbron. In de schakeling worden ook een stroommeter en een spanningsmeter opgenomen, zodat je de spanning over de lamp en de stroomsterkte door de lamp kunt meten.

**a** Teken het schema van de schakeling.

Het verband tussen de spanning en de stroomsterkte wordt gegeven door het diagram van figuur 95.

**b** Verklaar het verloop van de grafiek.

**c** Bepaal met behulp van het diagram het vermogen van de lamp bij 220 V.

Twee van deze lampen worden in serie aangesloten op 220 V.

**d** Bepaal met behulp van het diagram de stroomsterkte door beide lampen.

- 5 Je hebt de beschikking over een platte batterij van 4,5 V en drie gelijke lampjes van 3,5 V.

**a** Op hoeveel manieren kun je alle lampjes aansluiten zonder dat er één lampje doorbrandt? Teken de verschillende schakelschema's.

**b** Geef voor iedere schakeling aan welk lampje het felst en welk lampje het zwakst brandt. Geef een toelichting.

- 6** In figuur 96 is een schakeling getekend met een LDR. Als er geen licht op de LDR valt, is de weerstand  $9000\ \Omega$ . Valt er wel licht op de LDR, dan is de weerstand  $90\ \Omega$ . De spanningsbron zorgt voor een constante spanning van  $4,5\ \text{V}$ . Er valt geen licht op de LDR.
- a** Bereken wat de spanningsmeter en de stroommeter aangeven.
- b** Bereken wat de spanningsmeter en de stroommeter aangeven als er wel licht op de LDR valt.
- 7** In figuur 97 is een schakeling getekend met een LDR en een relais.
- In de getekende stand wordt de schakelaar van het relais *niet* aangetrokken door de elektromagneet.
- a** Beredeneer of er in de tekening wel of geen licht op de LDR valt.
- b** Beredeneer wat deze schakeling doet als er geen licht op de LDR valt.
- c** Beredeneer wat deze schakeling doet als er wel licht op de LDR valt.
- d** Waar kan deze schakeling worden toegepast?

FIG. 97 Een LDR en een relais schakelen een lamp.

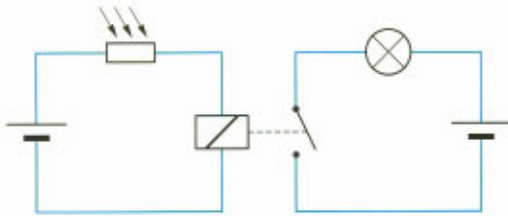
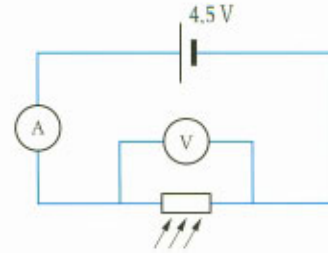


FIG. 96 Een schakeling om de stroom door en de spanning over een LDR te meten.



- 8** Een schakeling met vertraging.
- In de schakeling van figuur 98 gaat de lamp pas branden als schakelaar S al enige tijd dicht is.
- a** Leg uit wat de schakeling allemaal doet.
- b** Waarom duurt het een tijdje voordat de lamp aan gaat?
- c** Wat moet je aan de schakeling veranderen om er voor te zorgen dat de lamp sneller aan gaat nadat S gesloten wordt?

FIG. 98 Een schakeling die lamp L vertraagd inschakelt.

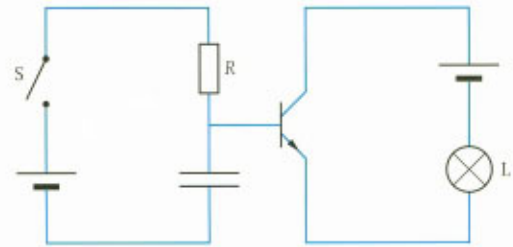
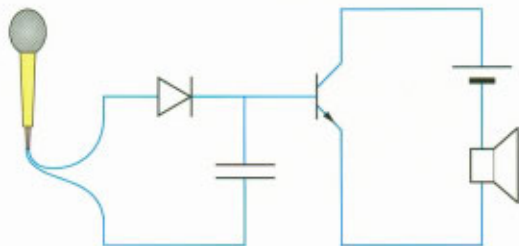


FIG. 99 Een alarm dat wordt ingeschakeld door geluid.



- 9** In de schakeling van figuur 99 vangt een microfoon geluid op. Een microfoon werkt als een spanningsbron met wisselspanning.

Als de microfoon geluid opvangt, wordt de condensator opgeladen.

**a** Waarom moet er een diode in de schakeling opgenomen worden?

Als er gedurende enige tijd geluid is, is de condensator zó ver opgeladen dat de transistor geleidt.

**b** Wat gebeurt er dan?

Iemand wil deze schakeling als babyfoon gebruiken. Als de baby gedurende een bepaalde tijd geluid maakt, moet iemand gaan kijken. Huilt de baby een paar keer kort, of komen er geluiden van buiten, dan hoeft het alarm niet af te gaan.

**c** Waarom is deze schakeling daar niet geschikt voor?

Om de schakeling wél geschikt te maken moet je de condensator langzaam leeg laten lopen als er géén geluid is.

**d** Neem de schakeling over en teken daarin een weerstand, zodat de condensator leeg kan lopen over die weerstand.