

Leerdoelen

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 12

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. [P1, T1, W1]

5 Je moet weten dat je met een elektriseermachine lading kunt ophopen. [P1, T1, W1]

6 Je moet weten dat lading kan bewegen en dat in vaste stoffen alleen de negatieve ladingen (elektronen) kunnen bewegen. [T1]

7 Je moet weten dat er stoffen zijn waarin lading goed kan bewegen en stoffen waarin lading minder goed of slecht kan bewegen. [P1, T1, W1]

8 Je moet weten wat een geleider is en de namen van drie geleiders kunnen noemen. [P1, T1, W1]

9 Je moet weten wat een isolator is en de namen van drie isolatoren kunnen noemen. [P1, T1, W1]

10 Je moet weten dat lading stroomt van een plaats met veel lading naar een plaats met lading. [P1, T1, W1]

11 Je moet weten wat een spanningsbron is en wat de polen van een spanningsbron zijn. [P2, T2, W2]

12 Je moet weten hoe de lading verdeeld is bij de polen van een spanningsbron. [P2, T2, W2]

13 Je moet weten hoe de lading gaat stromen als we de polen van een spanningsbron door een geleider met elkaar verbinden. [P2, 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. [P2, T2, W2]

16 Je moet de eenheid en het symbool voor spanning kennen. [P2, T2, W2]

17 Je moet weten met welk instrument je de spanning meet. [P2, T2, W2]

18 Je moet weten dat de spanningsbron de energie levert waarop elektr. apparaten werken. [P2, T2, W2]

19 Je moet weten hoe je de spanning over een onderdeel van een schakeling kunt meten. [P3, T3, W3]

20 Je moet weten hoe je stroomsterkte door een onderdeel van een schakeling kunt meten. [P3, T3, W3]

21 Je moet weten wat de afspraak is over de richting van de elektr. stroom in een schakeling. [P3, T3, W3]

22 Je moet weten waar de stroomsterkte in een schakeling van afhangt. [P3, T3, W3]

23 Je moet de eenheid en het symbool van weerstand kennen. [P4, T4, W4]

24 Je moet weten hoe je de weerstand van een apparaat kunt bepalen met een spanningsmeter en een stroommeter. [P4, T4, W4]

25 Je moet een (V,I) -diagram kunnen tekenen dat het verband geeft tussen de spanning over een apparaat en de stroomsterkte door het apparaat. [P4, T4, W4]

26 Je moet de weerstand kunnen berekenen met behulp van een (V,I) -diagram. [P4, T4, W4]

27 Je moet uit het (V,I) -diagram kunnen afleiden of de weerstand toeneemt, gelijk blijft of afneemt als de spanning over het apparaat groter wordt. [P4, T4, W4]

28 Je moet weten hoe de weerstand van een geleider verandert als de temperatuur toeneemt. [P4, T4, W4]

29 Je moet weten wat we met een 'ohmse' weerstand bedoelen. [P4, T4, W4]

30 Je moet het verband weten tussen de spanning, de stroomsterkte en de weerstand. [P4, T4, W4]

31 Je moet dit verband kunnen gebruiken om berekeningen uit te voeren. [P4, T4, W4]

Blok 12

Een blok vol spanning

Basisstof

Inleiding 88

T1 Lading 88

W1 90

T2 Spanningsbronnen 91

W2 95

T3 Spanning in schakelingen 96

W3 98

T4 Elektrische weerstand 99

W4 101

Herhaalstof

H1 Lading, scheiding van lading 103

H2 Het stromen van lading 105

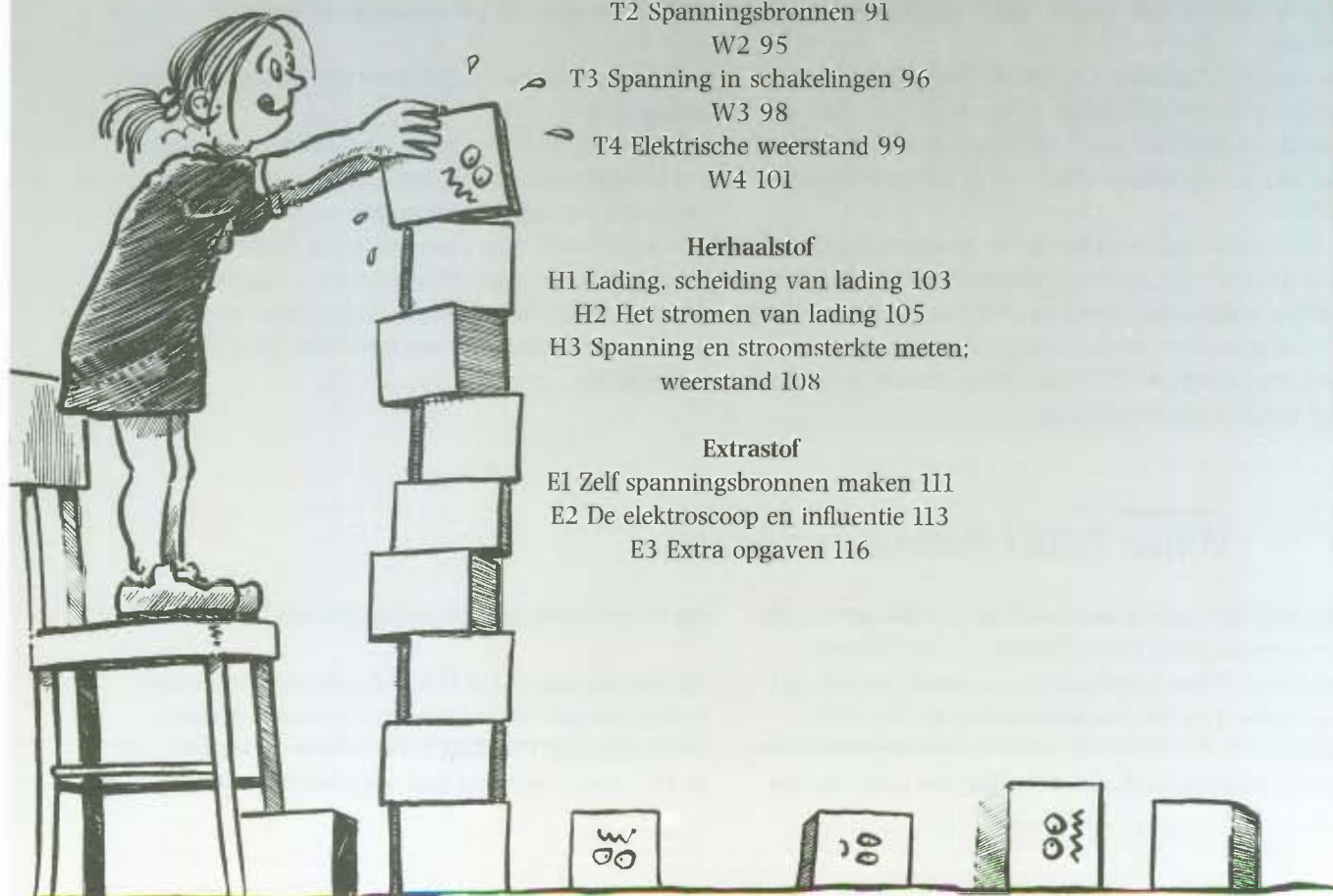
H3 Spanning en stroomsterkte meten;
weerstand 108

Extrastof

E1 Zelf spanningsbronnen maken 111

E2 De elektroscop en influentie 113

E3 Extra opgaven 116



In blok 5 en blok 10 heb je verschijnselen bestudeerd die optreden bij elektrische stroom. Hoewel we niet hebben gezien dat er iets stroomt, spreken we toch over elektrische stroom. Wat er dan stroomt weten we echter nog niet. In dit blok proberen we daar met behulp

van proeven achter te komen.

Ook zul je in dit blok ontdekken hoe elektrische stroom ontstaat en waar de grootte van de stroom van afhangt.

Blok 12

T1

Lading

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. 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 dan dat de staaf door het wrijven geladen is of dat de staaf door wrijving lading heeft gekregen. Dit soort verschijnsel zie je in het dagelijks leven vaak optreden.

Een voorbeeld: grammofoonplaten worden door het draaien snel stoffig. Door de wrijving van de plaat met de lucht en de naald krijgt de plaat een lading. Hierdoor worden de lichte stofdeeltjes in de lucht aangetrokken.

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

Blijkbaar is de lading op de perspex staaf van een andere soort dan de lading op de PVC-buis. Je zou ze perspex-lading en PVC-lading kunnen noemen. Men heeft de afspraak gemaakt om de lading op een perspex staaf *positief* te noemen en de lading op een PVC-buis *negatief*.

Samenvatting

- a Geladen voorwerpen kunnen ongeladen voorwerpen aantrekken.
 - b Voorwerpen met gelijksoortige lading stoten elkaar af.
 - c Voorwerpen met ongelijksoortige ladingen trekken elkaar aan.
 - d De lading op een perspex staaf noemen we positief.
 - e De lading op een PVC-buis noemen we negatief.
- Je kunt er nu achter komen wat voor soort lading een voorwerp heeft: breng het voorwerp dichtbij een gewreven perspex staaf, die draaibaar is opgesteld. Als de staaf wordt afgestoten, is het voorwerp positief geladen, wordt de staaf aangetrokken, dan is het negatief geladen.

Waar komt lading vandaan?

Je kunt je afvragen waar de lading van een gewreven voorwerp vandaan komt. Voordat we de PVC-buis opwrijven, is deze ongeladen of neutraal. Dat wil niet zeggen dat er op de buis geen lading zit. We nemen aan dat een ongeladen voorwerp evenveel positieve als negatieve lading heeft. Daar merken we niets van om-

dat er van beide soorten lading evenveel is.

Als we een ongeladen PVC-buis opwrijven met een wollen lap (die óók ongeladen is) worden positieve lading en negatieve lading van elkaar gescheiden. Op de PVC-buis vinden we 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 we de staaf opwrijven met een papieren zakdoekje, krijgt de

perspex staaf een overschot aan positieve lading. Het papieren zakdoekje wordt even sterk negatief geladen. Omdat we niet alle lading kunnen tekenen, geven we in een tekening alleen het ladingoverschot aan.

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

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 ato-

men van alle stoffen dezelfde negatief geladen deeltjes zitten. Deze deeltjes heeft men elektronen genoemd. Het is vrij gemakkelijk om een aantal elektronen uit een stof te verwijderen. Dat lukt al door de stof te wrijven!

Onze negatief geladen voorwerpen zijn dus voorwerpen met een elek-

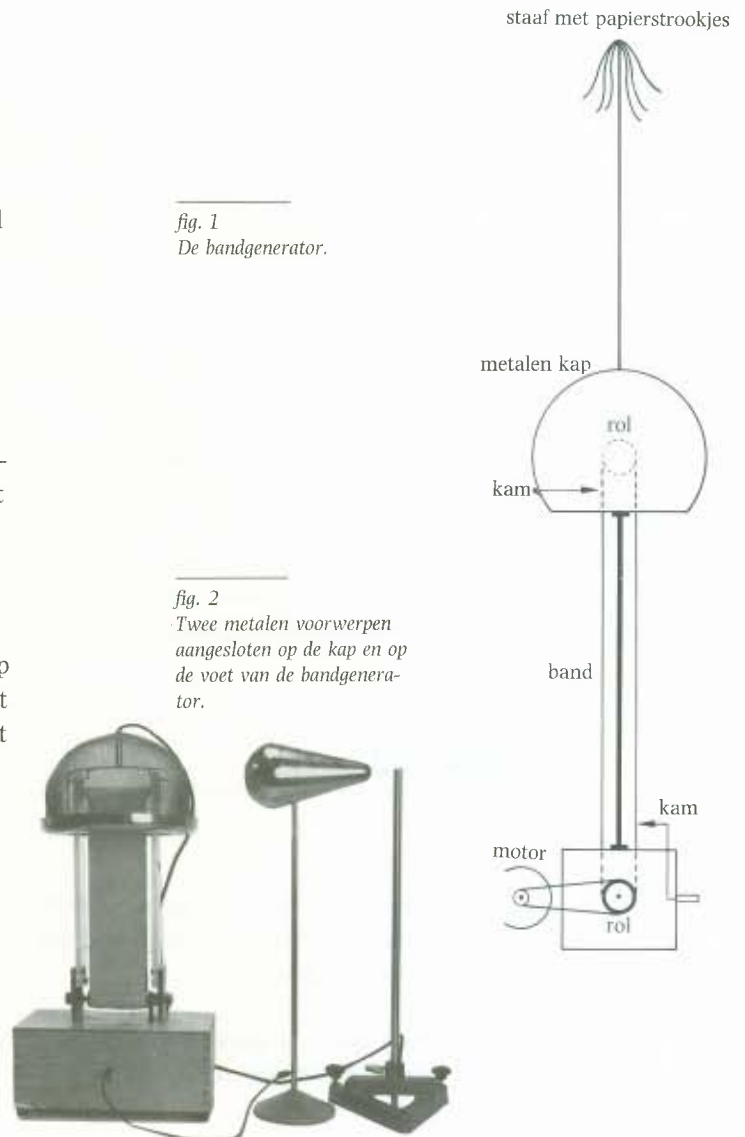
tronenoverschot en de voorwerpen die door wrijven positief gemaakt zijn, hebben een tekort aan elektronen. In metalen kunnen elektronen heel gemakkelijk bewegen. Elektrische stromen in metalen bestaan dan ook geheel uit bewegende elektronen.

De elektriseermachine

Een apparaat waarmee we grote hoeveelheden lading kunnen scheiden is de elektriseermachine. De meest gebruikte elektriseermachines zijn de bandgenerator of vandegraaffgenerator (figuur 1) en de elektriseermachine van Wimshurst. 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 opeenhoping van tegengestelde lading. Is de kap negatief geladen dan is de voet positief geladen en omgekeerd. Verbinden we de negatief geladen kap door een metaaldraad met een geïsoleerd metalen voorwerp, dan wordt dat voorwerp óók negatief geladen. Blijkbaar kan de lading door de metalen draad bewegen. Dat wordt duidelijk als we de voet óók verbinden met een geïsoleerd metalen voorwerp. Schuiven we de voorwerpen voorzichtig naar elkaar toe (figuur 2), dan springt er op een gegeven moment een vonk over. De kracht van het positief geladen voorwerp op de negatieve lading op het andere voorwerp is dan zo groot dat er lading overspringt.

fig. 1
De bandgenerator.

fig. 2
Twee metalen voorwerpen aangesloten op de kap en op de voet van de bandgenerator.



Geleiders en isolatoren

Lading kan niet door alle stoffen even gemakkelijk bewegen. Gebruiken we in plaats van de metaaldraad een nylandraad als verbinding, dan zullen de voorwerpen niet geladen worden.

Stoffen waar de lading gemakkelijk doorheen kan bewegen noemen we geleiders. Isolatoren zijn stoffen waar lading niet of heel moeilijk doorheen kan bewegen. In de tabel (figuur 3) zijn een aantal voorbeelden van geleiders en isolatoren genoemd.

fig. 3

Tabel met geleiders en isolatoren.

goede geleiders	matige geleiders	isolatoren
metalen	kraanwater	kunststoffen
koolstof	het menselijk lichaam	gedestilleerd water
		steen
		hout
		lucht

Droge lucht is normaal een isolator. Alleen door grote hoeveelheden negatieve en positieve lading dicht bij elkaar in de buurt te brengen, kunnen we een vonk laten overspringen.

Bij onweer gebeurt iets dergelijks. Door opstijgende lucht in een onweerswolk wordt de onderkant van de wolk zeer sterk negatief geladen. Soms wordt de negatieve lading zo groot dat er een ontlading plaatsvindt: de bliksem. Er stroomt dan negatieve lading van de wolk naar de aarde of naar een ander deel van de wolk.

In vochtige lucht kan lading veel beter bewegen dan in droge lucht. Vochtige lucht geleidt dus beter. Dat is de reden dat 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 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 bewegen omdat ze krachten op elkaar uitoefenen.
- 6 Ladingen bewegen van een plaats waar veel lading zit naar een plaats waar weinig lading zit.
- 7 Geleiders zijn stoffen waar lading gemakkelijk doorheen kan bewegen.
- 8 Isolatoren zijn stoffen waar lading niet of heel moeilijk doorheen kan bewegen.

Blok 12

W1

- 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 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 levert de energie bij het opwrijven van een PVC-buis?

b Waar komt de energie vandaan bij een bandgenerator?

6 Schrijf uit je hoofd op:

a vijf isolatoren;

b vijf geleiders.

7 Ben je zelf een isolator of ben je een geleider?

8 Waarom kun je door te wrijven een staaf, gemaakt van een isolator, wél opladen en niet een staaf gemaakt van een geleider?

9 We hebben twee even grote bollen P en Q. P is positief geladen, Q is neutraal. We verbinden 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 enige tijd bevindt zich op bol Q evenveel lading als op bol P (omdat P en Q even groot zijn).

d Zal er daarna nog lading bewegen? Licht je antwoord toe.

10 Op bol P bevindt zich nu veel negatieve lading, op bol Q weinig negatieve lading. We verbinden P en Q weer met een snoetje van koperdraad.

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

Blok 12

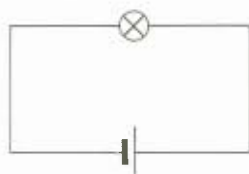
T2

Spanningsbronnen

Bewegende lading en elektrische stroom

In blok 5 heb je gewerkt met batterijen en lampjes. Als we een lampje aansluiten op een batterij, gaat het lampje branden (figuur 4). De batterij zorgt voor een elektrische stroom door het lampje. Dat kan alleen als er sprake is van een gesloten stroomkring. Het lampje gaat uit als we het losdraaien of als we een verbindingsdraad losmaken.

fig. 4
Een lampje aangesloten op een batterij. Voor een elektrische stroom is een gesloten stroomkring nodig.



Licht is een van de effecten van elektrische stroom. Andere effecten die we in blok 5 gezien hebben, zijn warmte (elektrisch fornuis) en beweging (elektromotor). In P2 van dit blok heb je gezien dat bij bewegende lading dezelfde effecten optreden als bij elektrische stroom. Met behulp van een bandgenerator kun je een

T.L.-buis laten branden, vonken laten overspringen en een motor laten draaien. Dat is ook niet verwonderlijk, want elektrische stroom is niets anders dan bewegende lading (in vaste stoffen zijn dat de elektronen, die altijd negatief geladen zijn).

Elektrische stroom is een andere naam voor bewegende lading.

In een van de volgende blokken zul je ontdekken dat een elektromotor wel wat ingewikkelder in elkaar zit dan de 'ladingsmotor' die we in P2 gebruikt hebben.

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

Het symbool voor elektrische stroom is de hoofdletter *I*. We meten de sterkte van de stroom met een stroommeter (figuur 5 blz. 92).

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

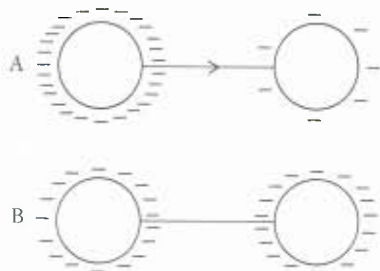
stroom door een draad of door een apparaat meten als je de stroommeter *in serie* met die draad of met dat apparaat plaatst.

Let op: Er wordt dus géén elektrische stroom verbruikt in het lampje. De ladingen bewegen *door* het lampje: er komen evenveel ladingen het lampje binnen als er ook weer uit gaan. De ladingen geven wel energie af *aan* het lampje.

Spanning

Als we twee voorwerpen die tegengesteld geladen zijn met elkaar verbinden, gaat er een elektrische stroom lopen. Maar er kan ook een elektrische stroom lopen als op beide voorwerpen dezelfde soort lading zit. Bijvoorbeeld als er op het ene voorwerp veel meer lading zit dan op het andere voorwerp. De ladingen gaan dan bewegen omdat ze op het ene voorwerp dichter op elkaar zitten en elkaar daardoor meer afstoten dan op het andere voorwerp.

fig. 6
De elektrische stroom tussen twee voorwerpen met dezelfde soort lading (A). De stroom blijft net zo lang lopen tot de ladingen op beide voorwerpen even dicht op elkaar zitten (B).



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.

Op de minpool van de batterij zit zeer veel negatieve lading (elektronen) dicht bij elkaar. Op de pluspool zit ook negatieve lading, maar veel minder dicht op elkaar (figuur 7).

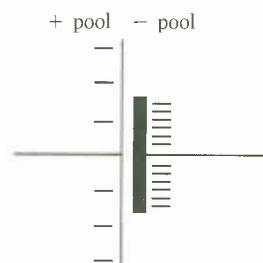
fig. 5
Een stroommeter.



symbool voor de stroommeter

Elektrische stroom is het gevolg van de krachtwerking tussen ladingen. We nemen twee tegengesteld geladen geleidende voorwerpen. De ladingen op één voorwerp stoten elkaar af (dezelfde soort). De ladingen op beide voorwerpen trekken elkaar aan (verschillende soort). Als we de voorwerpen met elkaar verbinden, gaan de ladingen bewegen. Verbinden we twee even grote geleidende voorwerpen met dezelfde soort lading, dan kan er alleen een stroom gaan lopen als de hoeveelheid lading op beide voorwerpen verschillend is. De ladingen op beide voorwerpen stoten elkaar af. Maar de afstotende kracht tussen de ladingen op het voorwerp met de meeste lading is groter omdat de ladingen daar dichter op elkaar zitten! Er gaat dus een elektrische stroom lopen tussen de twee voorwerpen omdat de ladingen niet even dicht op elkaar zitten. De stroom blijft net zo lang lopen tot de ladingen op beide voorwerpen even dicht op elkaar zitten (figuur 6).

fig. 7
De ladingen op de minpool en de pluspool van een batterij.



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 8).

We vergelijken 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.

Het symbool voor spanning is de hoofdletter V . De eenheid van spanning is de volt, afgekort V . We meten de spanning met een spanningsmeter (figuur 9).

Als we een verbindingdraad op de minpool van de batterij aansluiten, pompt de batterij negatieve lading (elektronen) in de draad. De batterij pompt net zo lang tot de ladingen in de draad even dicht bij elkaar zitten als op de minpool. Als je met een spanningsmeter de spanning meet tussen de minpool en het uiteinde van de draad, geeft deze *geen* uitslag (figuur 10).

fig. 10
De spanning tussen de minpool van de batterij en het uiteinde van de draad is nul. De ladingen zitten even dicht op elkaar.

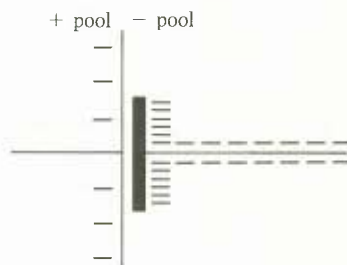


fig. 8
De spanning tussen de bollen P en R is groter dan de spanning tussen de bollen P en Q.

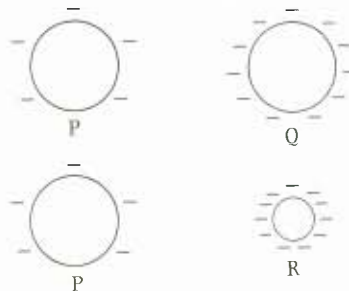


fig. 9
Een spanningsmeter.



— (V) —
symbool voor de spanningsmeter

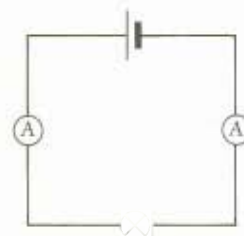
Spanning en elektrische stroom

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 heb je gezien dat de elektrische stroom voor en na het lampje even groot is (figuur 11).

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

Voor de richting van de elektrische stroom in een ge-

fig. 11
Een lampje aangesloten op een batterij. Beide stroommeters vóór en ná het lampje geven dezelfde uitslag.



sloten stroomkring is ooit de volgende afspraak gemaakt:

De elektrische stroom loopt van de pluspool door de schakeling naar de minpool (figuur 12).

Pas later heeft men ontdekt dat het eigenlijk de negatieve elektronen zijn die in de draad bewegen. Deze stromen natuurlijk in werkelijkheid van de minpool door de schakeling naar de pluspool. Toch heeft men de oude afspraak over de stroomrichting nooit willen veranderen.

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 de benodigde energie aan het apparaat. Voorbeelden van spanningsbronnen zijn: de batterij, een accu, het stopcontact, een zonnecel en een fietsdynamo.

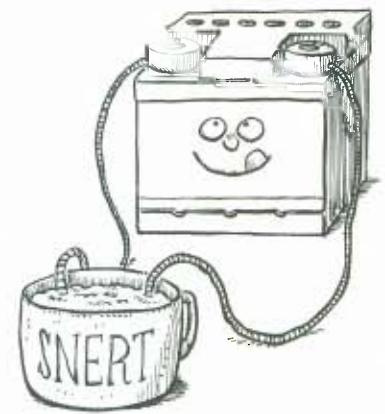
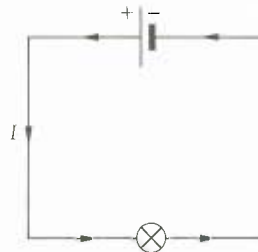
De spanningsbron houdt de spanning tussen de aansluitpunten constant; ook als er stroom loopt. Daar is energie voor nodig. Deze energie is in een andere vorm in de spanningsbron aanwezig, of wordt aan de spanningsbron toegevoerd. In een accu en batterij is deze energie aanwezig in de vorm van chemische 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'. We kunnen er opnieuw energie in stoppen.

Let op: Bij het opladen van een accu wordt géén nieuwe lading toegevoerd maar nieuwe energie!

Ook een bandgenerator is een spanningsbron. Als we de spanning meten tussen de kap en de voet van een bandgenerator, zul je zien dat deze op kan lopen tot zo'n 25 kV (25 000 V). Toch kun je op een bandgenerator geen elektrisch apparaat laten werken. Dat komt omdat 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.

fig. 12

De stroomrichting in een gesloten stroomkring.



Als we een lampje aansluiten op een batterij loopt er negatieve lading door het lampje. De ladingen op de minpool van de batterij zouden daardoor minder dicht bij elkaar komen te zitten. En op de pluspool juist dichter op elkaar. De batterij zorgt ervoor dat de ladingen toch even dicht bij elkaar blijven als vóór het sluiten van de stroomkring door negatieve lading van de pluspool naar de minpool terug te pompen. De batterij houdt zo het verschil in stand. De spanning blijft daardoor hetzelfde. Voor het pompen van lading is energie nodig. In een batterij of accu is deze energie aanwezig in de vorm van chemische energie. Als de chemische energie op raakt, is de batterij niet meer in staat om ladingen van de pluspool naar de minpool te pompen. De ladingen op de minpool komen dan minder dicht op elkaar te zitten en op de pluspool juist dichter op elkaar. Het verschil tussen de minpool en de pluspool wordt dan kleiner. De spanning tussen de polen van de batterij neemt zo af. We zeggen dat de batterij leeg raakt.

Samenvatting

- 1 Elektrische stroom is bewegende lading.
- 2 Elektrische stroom ontstaat als we twee voorwerpen met elkaar verbinden waarop de ladingsverdeling anders 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.

Blok 12

W2

- 1a Noem drie effecten van elektrische stroom.
- b Beschrijf drie proeven waaruit blijkt dat elektrische stroom en bewegende lading hetzelfde effect kunnen hebben.

- 2a 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 we een lampje aansluiten 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 bollen P en Q zijn negatief geladen (figuur 13).

fig. 13
Twee even grote bollen P en Q met verschillende negatieve lading.



- a Op welke bol zit de lading het dichtst bij elkaar? We verbinden beide bollen door een snoetje van koperdraad.
- b Waarom gebruiken we 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 bollen A en B bezitten evenveel negatieve lading (figuur 14).

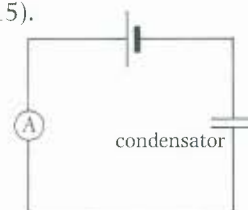
fig. 14
Twee verschillende bollen A en B met evenveel negatieve lading.



- 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 we de bollen met elkaar verbinden?

- 6 We verbinden de aansluitklemmen (polen) van een spanningsbron met de platen van een condensator. Met een stroommeter meten we de stroom naar één van de platen van de condensator (figuur 15).

fig. 15
De platen van een condensator aangesloten op een spanningsbron.



- a Waarom zal de stroommeter na enige tijd niet meer uitslaan?
- b Wat weet je nu als je de spanning tussen de aansluitklemmen van de spanningsbron vergelijkt met de spanning tussen de platen van de condensator?

7 Neem beide schakelschema's over (figuur 16) en geef met pijlen de stroomrichtingen aan.

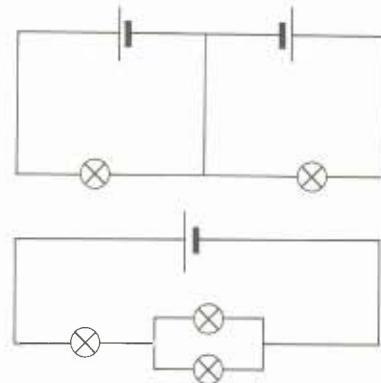
8 Bij een zaklantaarn met twee batterijen moet je de batterijen op de juiste manier aansluiten.

a Maak met een tekening duidelijk waarom.

b Waarom maakt het voor een zaklantaarn met één batterij niet uit hoe de batterij is aangesloten?

fig. 16

Twee verschillende schakelschema's.



Blok 12

T3

Spanning in elektrische schakelingen

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 + kant van de spanningsmeter komt zo dicht mogelijk bij de + pool van de spanningsbron. De – kant van de spanningsmeter komt zo dicht mogelijk bij de – 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 opneemt, hoef je de schakeling dus niet open te breken.

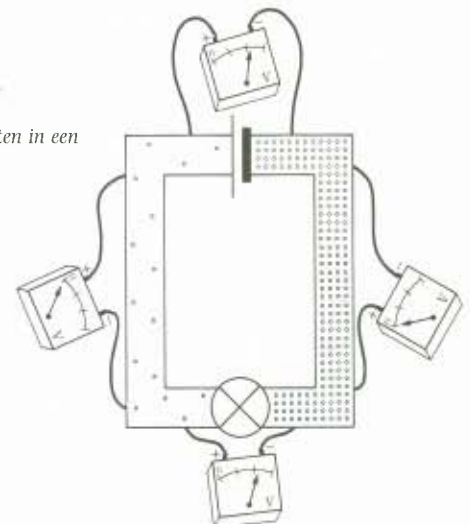
De spanning in een schakeling

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 de 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.

In figuur 17 is een lamp in de schakeling opgenomen. Er loopt een elektrische stroom. Aan de ene kant van

fig. 17

Spanning meten in een schakeling.



de lamp zit de lading ver uit elkaar. Aan de andere kant van de lamp zit de lading dicht op elkaar. 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.

Bekijken we de spanning over een snoetje, dan zien we dat deze 0 V is. De lading zit overal in het draadje even dicht op elkaar.

Een schakelaar heeft in een schakeling twee mogelijkheden (zie figuur 18 en 19):

- a de schakelaar laat de elektrische stroom niet door (figuur 18). Aan de ene kant van de schakelaar zit de lading ver uit elkaar. Aan de andere kant zit de lading dicht op elkaar. De spanning van de spanningsbron staat over de schakelaar.
- b de schakelaar laat de elektrische stroom ongehinderd door (figuur 19). De lading vóór en achter de schakelaar zit even ver uit elkaar. De spanning over de schakelaar is dan 0 V.

fig. 18
De schakelaar is open.

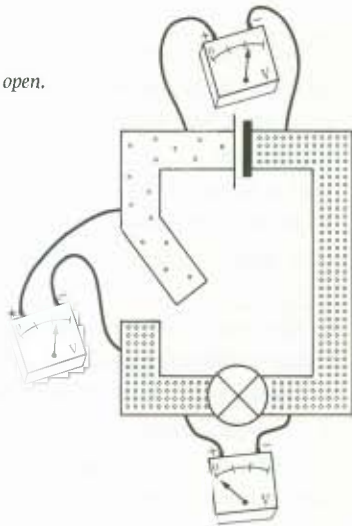
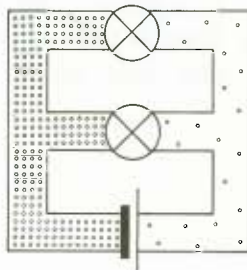


fig. 20
De lampjes zijn parallel geschakeld.



De spanning in een parallelschakeling

In figuur 20 is een parallelschakeling van twee lampen getekend. In deze figuur is ook de ladingsverdeling getekend.

De spanning over de parallel geschakelde lampen is even groot en gelijk aan de spanning over de bron. Dit komt omdat de spanningsbron ervoor zorgt dat aan de ene kant van de lampjes de lading ver uit elkaar zit en aan de andere kant dicht op elkaar.

$$\text{Dus: } V_{\text{bron}} = V_{\text{lampje 1}} = V_{\text{lampje 2}}.$$

De spanning in een serieschakeling

Kijken we naar de verdeling van lading in een serieschakeling van twee lampen (figuur 21), dan zien we 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.

$$\text{Dus: } V_{\text{bron}} = V_{\text{lampje 1}} + V_{\text{lampje 2}}.$$

fig. 19
De schakelaar is gesloten.

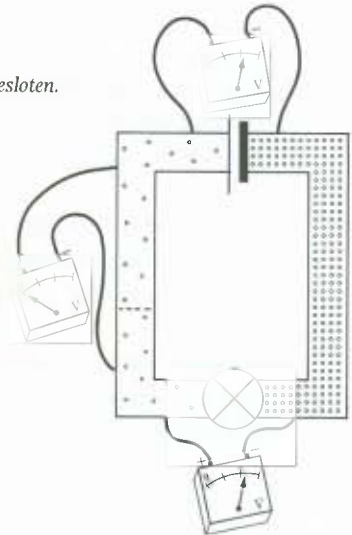
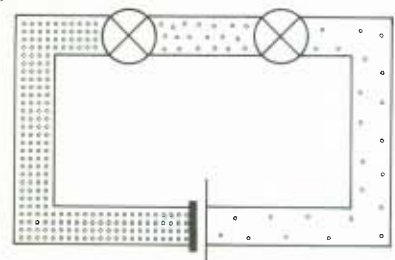


fig. 21
De lampjes zijn in serie geschakeld.



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 er apparaten parallel geschakeld, dan is de spanning over de apparaten gelijk.
- 4 Zijn de 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 als de schakelaar open staat.

Blok 12

W3

1a Teken een schakeling van een spanningsbron en twee gelijke lampjes in serie.

b Wat geldt er voor de spanning over ieder lampje afzonderlijk?

c Wat weet je van de spanning over beide lampjes samen?

In blok 5 heb je geleerd dat de stroomsterkte in een serieschakeling overal even groot is.

d Leg met behulp van bewegende ladingen uit dat dit juist is.

2a Teken een schakeling van een spanningsbron en twee parallel geschakelde lampjes.

b Wat geldt er voor de spanning over ieder lampje afzonderlijk?

In blok 5 heb je geleerd dat de stroomsterkte in een parallelschakeling zich verdeelt.

c Leg met behulp van bewegende ladingen uit dat dit juist is.

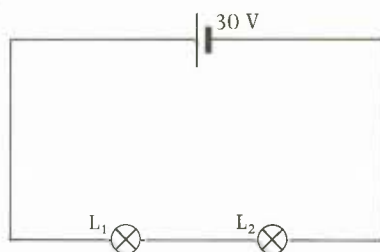
De elektrische stroomsterkte door de batterij noemen we I , die door lampje 1 I_1 en die door lampje 2 I_2 .

d Wat geldt er voor de stroomsterkten I , I_1 en I_2 ?

3 In schakeling figuur 22 levert de spanningsbron een spanning van 30 V. Over L_1 staat 20 V.

Op welke spanning brandt L_2 ?

fig. 22



4a 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. Teken ook een spanningsmeter en een stroommeter in de schakeling. De spanning over het lampje is 2,0 V.

b Hoe groot is de spanning over elk van de beide andere lampjes?

c 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 het spanningsverschil meet? Licht je antwoord toe.

6 Een platte batterij van 4,5 V bestaat uit een aantal kleine staafbatterijtjes van 1,5 V.

a Hoeveel staafbatterijen zullen dat er zijn?

b Op welke manier zijn ze met elkaar verbonden?

c Teken de schakeling.

Een autoaccu 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 23 zijn alle lampjes gelijk.

Neem de tabel van figuur 24 over in je schrift en vul hem verder in.

fig. 23

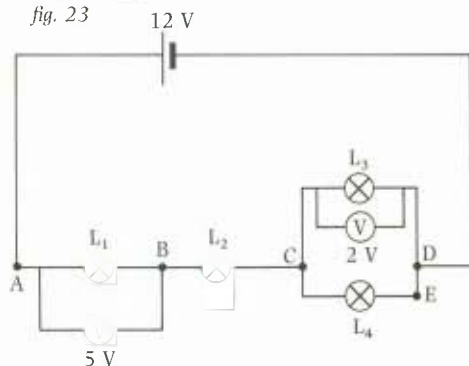


fig. 24

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	...

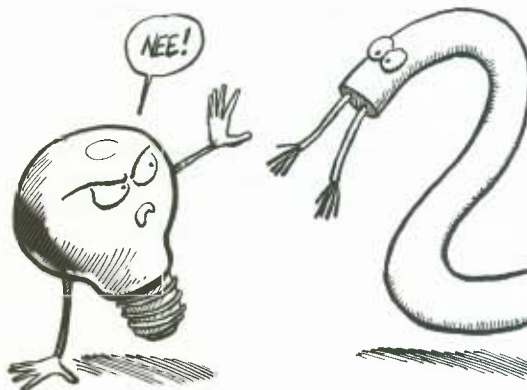
Blok 12

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.

Je kunt dit begrijpen als je naar het verschil in lading voor en achter het apparaat kijkt. Een grotere spanning betekent dat de lading aan de ene kant van het apparaat dichterbij elkaar gebracht wordt. Dat betekent dat er een grotere kracht op de lading werkt, zodat de lading sneller door het apparaat zal stromen.

In een lampje (en in veel andere apparaten) zijn de spanning over het apparaat en stroomsterkte door het apparaat niet recht evenredig (figuur 25). Er zijn speciale weerstanden waarbij dit wel het geval is (figuur 26 en 27).

fig. 26
Weerstanden.



fig. 25
(V,I)-diagram van een lamp.

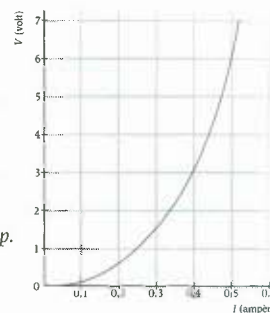
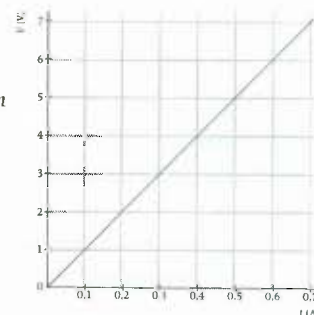


fig. 27
(V,I)-diagram van een weerstand.



De grootte van een weerstand

De mate waarin een apparaat weerstand biedt aan de elektrische stroom kunnen we met een grootte 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:

- a Je meet de spanning (V) over het apparaat met een spanningsmeter.
- b Je meet de stroomsterkte (I) door het apparaat met een stroommeter.

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 grootte weerstand wordt uitgedrukt in de eenheid ohm. Symbool: Ω (spreek uit: omega).

Dat 'weerstand' een zinvolle naam is voor de grootte R blijkt als volgt:

Als je over het ene apparaat een grotere spanning V moet zetten dan over het andere apparaat om door *beide* dezelfde stroom te laten lopen, biedt het eerste apparaat meer weerstand aan de stroom dan het tweede. Maar dan is $\frac{V}{I}$ bij het eerste apparaat óók groter dan bij het tweede apparaat!

De weerstand van een lampje neemt toe als de stroomsterkte door het lampje groter wordt. Dit komt omdat het lampje warm wordt. Blijkbaar neemt de weerstand van een lamp toe als de temperatuur van een lamp hoger wordt. De weerstand van een zogenaamde ohmse weerstand is wél steeds even groot.

Volt, ampère en ohm

Deze drie belangrijke elektrische eenheden zijn genoemd naar drie bekende natuurkundigen, die rond 1800 aan de wieg van de elektriciteitsleer stonden. De volt is genoemd naar de Italiaan Alessandro Volta (1745-1827), de ampère naar de Fransman André Ampère (1775-1836) en de ohm naar de Duitser Georg Simon Ohm (1787-1854).

Volta was de eerste natuurkundige die een bruikbare batterij samenstelde en hij is de uitvinder van de elektroscop, een apparaat waarmee

je lading kunt aantonen. Vanwege zijn verdiensten werd hij door Napoleon in de adelstand verheven. Ampère is vooral bekend geworden door zijn onderzoek naar de samenhang tussen elektriciteit en magnetisme.

Ohm is onder andere beroemd geworden door de bekende 'wet van Ohm', die hij ontdekte in 1826 toen hij nog leraar aan het gymnasium te Keulen was. Daarna werd hij, net zoals Volta en Ampère, hoogleraar in de natuurkunde.

Rekenen met weerstand

Hieronder staan een paar voorbeelden waarin gerekend wordt met weerstand. Bestudeer de voorbeelden goed!

Voorbeeld 1

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

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

Voorbeeld 2

We kunnen het verband tussen R , V en I ook schrijven als $V = I \cdot R$.

In veel opgaven is dat handig:

Over een weerstand van $120 \, \Omega$ staat een spanning van 3 V.

Hoe groot is de stroomsterkte door de weerstand?

$$V = I \cdot R$$

$$3 = I \cdot 120$$

$$I = \frac{3}{120} = 0,025 \, \text{A.}$$

Voorbeeld 3

Door de motor van een speelgoedtreintje 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:

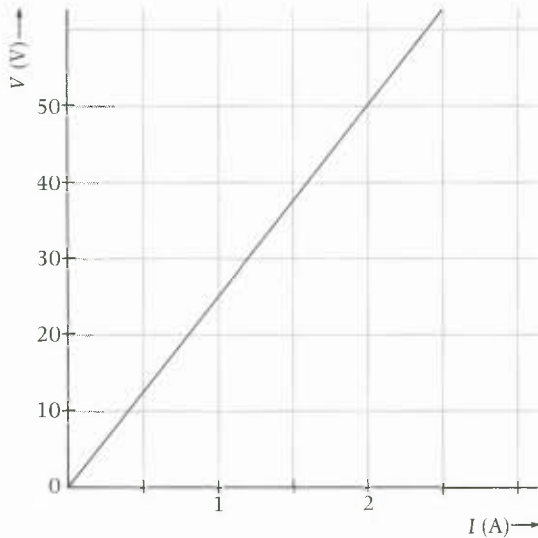
$$I = \frac{80}{1000} = 0,080 \, \text{A.}$$

$$V = I \cdot R$$

$$V = 0,080 \cdot 175 \, \text{V}$$

$$V = 14 \, \text{V.}$$

fig. 28



Voorbeeld 4

In het (V, I) -diagram figuur 28 zie je dat de stroomsterkte 2 A is bij een spanning van 50 V.

Invullen in de 'wet van Ohm':

$$V = I \cdot R, \text{ dus } 50 = 2 \cdot R$$

$$R = 25 \Omega$$

Voorbeeld 5

De spanning over een stuk elektriciteitsdraad is 0 V.

Voor de weerstand betekent dat:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0}{I} = 0 \Omega$$

De stroom ondervindt dus geen weerstand van het snoer. De draden zijn dan ook alleen bedoeld om de stroom zo goed mogelijk te geleiden naar het apparaat (lamp, t.v., 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 0Ω .

Samenvatting

- 1 In de tabel van figuur 29 zijn een aantal grootheden op een rij gezet.
- 2 De stroomsterkte door een apparaat wordt groter als de spanning groter wordt.

fig. 29

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	V	volt	V
stroom	I	ampère	A
weerstand	R	ohm	Ω

3 Wet van Ohm:

$$\text{Weerstand} = \frac{\text{spanning}}{\text{stroomsterkte}}; R = \frac{V}{I}$$

4a 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 0Ω .

d De weerstand van een open schakelaar is oneindig groot, de weerstand van een gesloten schakelaar is 0Ω .

Blok 12

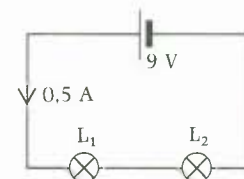
W4

- 1 Schrijf op hoe je de weerstand van een apparaat bepaalt.

2 In de schakeling van figuur 30 is de spanning over L_1 3 V. Over L_2 is de spanning 6 V. De stroomsterkte door L_1 is 0,5 A.

- a Bereken de weerstand van L_1 en van L_2 .
- b Bereken de weerstand van de twee lampen samen.
- c Wat valt je op?

fig. 30



3a 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 Neem de schakeling figuur 31 over in je schrift en geef daarin aan hoe je de spanningsmeter en de stroommeter moet schakelen om de weerstand te kunnen berekenen.



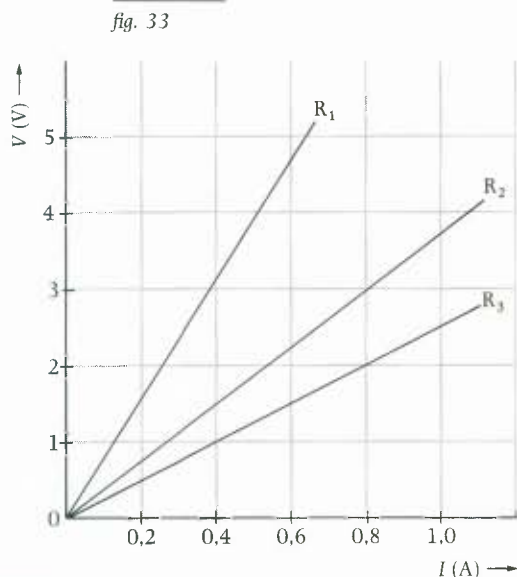
5 In figuur 32 staan enige gegevens van zes elektrische apparaten.

Bereken telkens de ontbrekende grootte.

fig. 32 apparaat	spanning V (in V)	stroom- sterkte I (in A)	weerstand R (in Ω)
1	10	2	...
2	26	...	8
3	220	...	40
4	3	0,75	...
5	...	3	12
6	...	0,8	7,2

6 In het (V, I) -diagram figuur 33 staan drie grafieken van drie verschillende weerstanden.

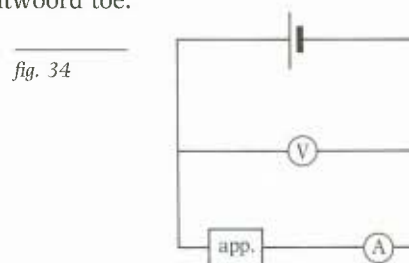
Bereken de waarden van deze weerstanden.



7 Van een radio is gegeven dat $I = 10$ mA en $V = 220$ V.

Bereken R .

8 Iemand wil de weerstand van een apparaat bepalen. Kan dat met de schakeling die in figuur 34 is getekend? Licht je antwoord toe.



9 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 35.

a Teken in één (V, I) -diagram de grafieken van het apparaat en het lampje (V verticaal, schaal: $2 \text{ V} = 1 \text{ cm}$; I horizontaal, 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?

fig. 35			
Apparaat			
nummer	spanning	stroom	
meting	(V)	(A)	
1	2	0,008	
2	5	0,020	
3	8	0,032	
4	13	0,052	

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

10 Een lamp is aangesloten op 6 V. De stroomsterkte is 0,2 A.

a Bereken de weerstand van de lamp.

De lamp wordt vervolgens aangesloten op het lichtnet (220 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 wel.

c Beredeneer of de berekende stroomsterkte bij vraag b te groot of te klein is.

Blok 12 Herhaalstof

H1 Lading, scheiding van lading

Lading

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'.

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 van geladen voorwerpen zijn:

- een groep voorwerpen die aangetrokken wordt door een geladen PVC-buis (zoals bijv. perspex),
- 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 we er een geladen perspex staaf bij houden?

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 een rondje te zetten. Een ongeladen voorwerp bevat evenveel + als - lading.

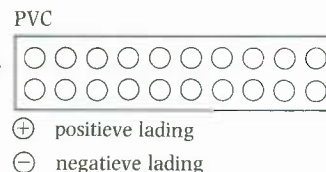
3a Teken de PVC-buis uit figuur 36 over in je schrift.

b Geef met + en - aan hoe de lading verdeeld is over de buis.

We wrijven de buis, zodat deze geladen wordt. Daardoor komt er lading op de buis bij.

c Teken deze lading er in je tekening bij en geef ook aan of deze + of - is.

fig. 36
PVC-buis met lading.



Het scheiden van lading

Als we lading willen laten stromen, moeten we de lading uit elkaar halen. Zorgen we op de ene plaats voor te veel negatieve lading (in vaste stof: te veel elektronen) en op de andere plaats voor te weinig negatieve lading (te weinig elektronen), dan zal de lading proberen te stromen. De negatieve ladingen (elektronen) stoten elkaar af en ze proberen te bewegen in de rich-

ting van het tekort aan negatieve ladingen.

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

- de elektriseermachine (bandgenerator, Wimshurst),
- de spanningsbron (batterij, accu, variabele spanningsbron).

4 De bandgenerator in figuur 37 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 37 nog eens na, maar nu met alle + en - op de goede plaats.

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?

5 Een batterij zorgt ook voor een scheiding van lading. In figuur 38 is alle + lading al getekend.

a Teken figuur 38 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 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.

6a 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?

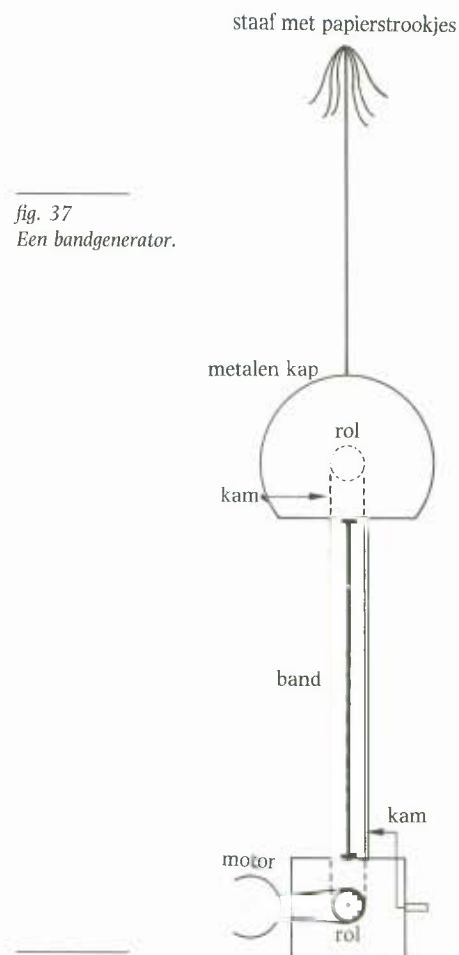


fig. 37
Een bandgenerator.

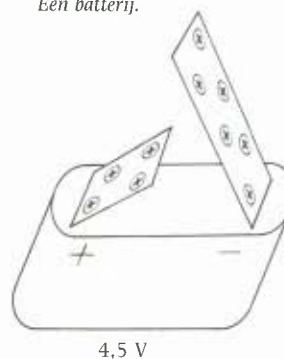


fig. 38
Een batterij.

H2 Het stromen van lading

Geleiding

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

Proef 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

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 omdat 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 zijn *isolatoren*.

1a 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 rubber van de banden de elektrische stroom?

c Is de auto van een geleidend materiaal of van een isolator gemaakt?

2 Plastic tuinstoelen kunnen statisch geladen worden. Je voelt dat aan de haartjes op je benen als je op zo'n stoel gaat zitten.

a Wat betekent 'statisch geladen worden'?

b Is plastic een geleider of een isolator?

3 Grammofoonplaten 'trekken stof aan'. Hoe komt dat?

Bewegende lading

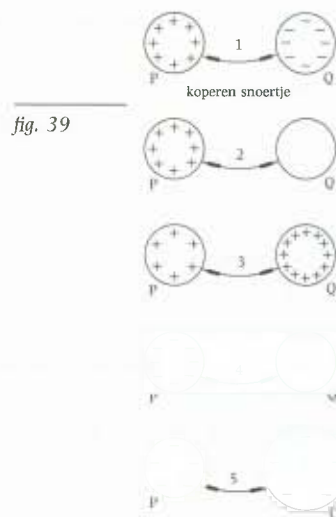
In de meeste gevallen zullen het de negatieve ladingen (elektronen) zijn die kunnen bewegen.

4 In figuur 39 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. Tegenwoordig



weten we dat het juist de negatieve ladingen zijn in vaste stoffen die van $-$ naar $+$ bewegen, maar men heeft nooit de oude afspraak, dat de elektrische stroom van $+$ naar $-$ loopt, willen veranderen (zie figuur 40). De spanning tussen twee punten is de oorzaak dat er een elektrische stroom gaat lopen tussen die twee punten. Er is spanning tussen de twee punten als bij het ene punt de lading dichter op elkaar zit dan bij het ander punt. Een batterij zorgt ervoor dat bij de $-$ pool de negatieve lading steeds dicht op elkaar zit (zie figuur 41).

fig. 40

In vaste stoffen beweegt de lading van $-$ naar $+$; de elektrische stroom van $+$ naar $-$.

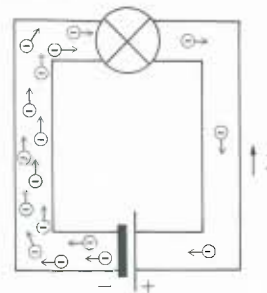
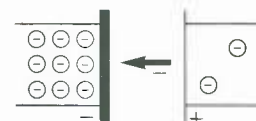
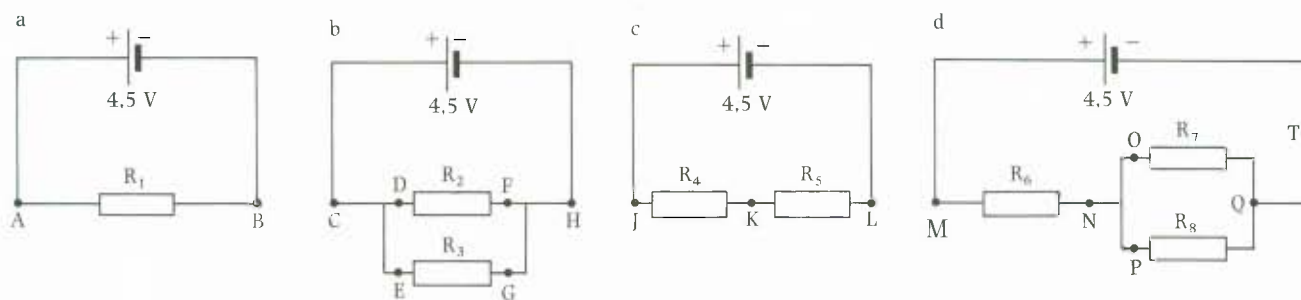


fig. 41



5 Teken de vier schakelingen van figuur 42 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. 42



Spanning in schakelingen

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

In figuur 42b is de spanning over R_2 4,5 V, want D is verbonden met de $+$ van de batterij (rood draadje in jouw tekening van opgave 5) en F is verbonden met de $-$ (blauw draadje in jouw tekening). Zo is ook de spanning over R_3 4,5 V.

In figuur 42c is de spanning over R_4 en R_5 samen 4,5 V (J is met een rood snoetje verbonden met de $+$; L is met een blauw snoetje verbonden met de $-$). 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: $V_{R_4} + V_{R_5} = V_{\text{batterij}}$.

6 In de schakelingen van figuur 42 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 N,
- 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 is op een plaats, dan moet je in dat punt van de schakeling een stroommeter opnemen. Een stroommeter doet niets anders dan meten hoeveel lading er per seconde langskomt. Bij een splitsing verdeelt de stroom zich (zie figuur 43). De grootste stroom gaat langs de weg waar de stroom het makkelijkste door gaat.

7 Neem de schakeling figuur 44 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 42 kan dat maar op één manier. Overal is de stroomsterkte even groot, want overal komt per seconde evenveel lading langs.

8a Teken schakeling b en d van figuur 42 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?

fig. 43

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

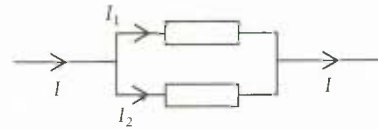
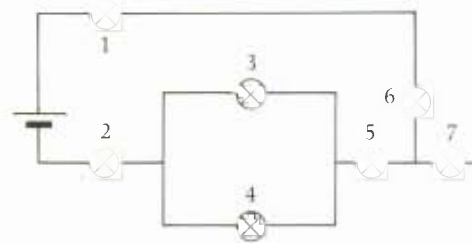


fig. 44



9 In deze vraag bereken je de stroomsterkte op verschillende plaatsen in de schakelingen van figuur 42. 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?

H3 Spanning en stroomsterkte meten; weerstand

Spanning meten

In de schakeling van figuur 45 is er spanning tussen A en B. In B zit de lading dicht op elkaar, in A zit de lading ver uit elkaar.

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

In figuur 46 is voorgedaan hoe je de spanningsmeter moet opnemen in de schakeling.

- 2a Neem de schakeling van figuur 46 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 47 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 47 gebruik je als je een spanning wilt meten van:
 - a 6 V;
 - b 0,2 V;
 - c 120 V.

fig. 45
Spanning in een schakeling.

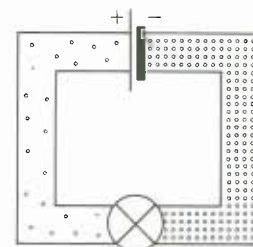


fig. 46
Spanning meten.

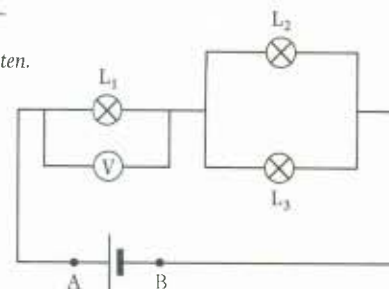
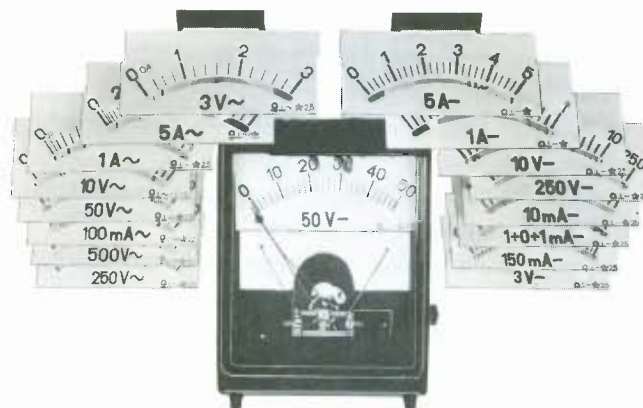


fig. 47
Een spanningsmeter.



Stroomsterkte meten

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

- er moet spanning zijn tussen twee punten;
- de lading moet via snoetjes en apparaten van het ene punt naar het andere punt kunnen stromen.

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

5 Wat is de relatie tussen de stroomsterkte in een punt en de lading die daar passeert?

6 Waarom moet je de schakeling openbreken als je ergens de stroomsterkte wilt meten?

7 Teken de schakeling van figuur 46 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.

8 In figuur 48 zie je een foto van een stroommeter. Welke handelingen moet je verrichten om een onbekende stroom te meten?

9 Welke schaal gebruik je in de meter van figuur 48 als je een stroomsterkte wilt meten van:

- a 6 mA;
- b 0,2 A;
- c 120 mA;
- d 2 A;
- e 0,05 mA.

Weerstand

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

Voorbeelden

- a Een snoer heeft een weerstand van 0Ω ; het kost de elektrische stroom geen moeite om door een snoer te gaan.
- b Een open schakelaar heeft een heel grote weerstand; de elektrische stroom kan niet door een open schakelaar.

10 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?

De spanning maakt het mogelijk dat er een stroom gaat lopen. De weerstand bepaalt hoe groot de stroomsterkte bij een bepaalde spanning is. De relatie tussen deze drie grootheden vind je in de wet van Ohm:

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

met:

R : weerstand; eenheid ohm (Ω);

V : spanning; eenheid volt (V);

I : stroomsterkte; eenheid ampère (A).

fig. 49

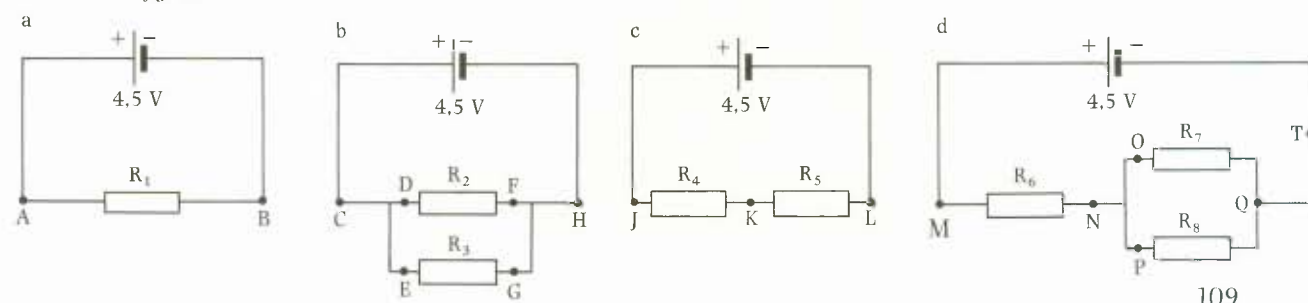


fig. 48
Een stroommeter.



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

Voorbeeld

a gegeven $V = 10 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$, $\Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2} = 5 \Omega$

b gegeven $I = 2 \text{ A}$, $R = 5$, $\Rightarrow R = \frac{V}{I} \rightarrow V = I \cdot R \rightarrow V = 2 \cdot 5 = 10 \text{ V}$.

c gegeven $V = 10 \text{ V}$, $R = 5$, $\Rightarrow V = I \cdot R \rightarrow 10 = I \cdot 5$
 $I = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$.

11 In figuur 49 zijn 4 schakelingen getekend. De gegevens van deze schakelingen staan in de tabel van figuur 50. Neem de tabel over en vul hem verder in.

fig. 50

onderdeel	$V \text{ (V)}$	$I \text{ (A)}$	$R \text{ (}\Omega\text{)}$
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	...	...	...

12 Ook uit een (V,I) -diagram kun je weerstand bepalen.

Iemand heeft aan een weerstand wat metingen gedaan (zie de tabel van figuur 51).

In figuur 52 zie je hoe daarvan een (V,I) -diagram is gemaakt.

a Bereken voor iedere meting de waarde van de weerstand.

b Hoe moet je uit de grafiek de waarde van de weerstand bepalen?

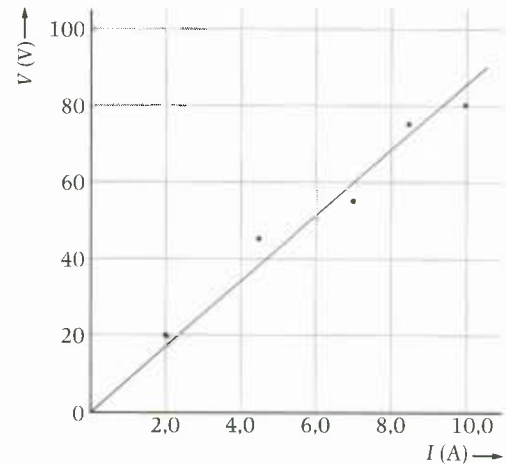
c Bepaal de waarde van de weerstand uit de grafiek.

d Waarom is het beter de waarde van de weerstand uit de grafiek te bepalen dan uit de tabel?

fig. 51

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

fig. 52



Zelf spanningsbronnen maken

Inleiding

Als we een lampje aansluiten 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 bouwen. Daarvoor onderzoek je eerst welke materialen je het best kunt gebruiken. Aan het einde komen we terug op de accu en de batterij.

1 Een citroen als spanningsbron.

In plaats van een citroen kun je ook een sinaasappel nemen.

Neem twee stukjes ijzerdraad 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 een stukje koperdraad en een stukje ijzerdraad in de citroen.

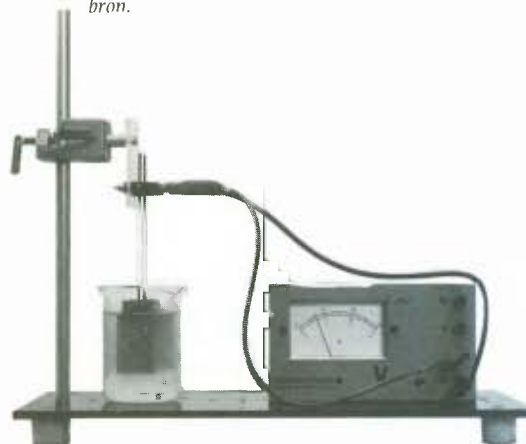
b Meet opnieuw de spanning en noteer deze. *Conclusie:* er ontstaat alleen spanning tussen de draden als ze van verschillende soorten metaal zijn. De draden in de citroen reageren met het citroensap. Verschillende draden reageren blijkbaar verschillend met het citroensap.

2 Onderzoek naar de beste materialen.

We onderzoeken nu 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. 53
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 het koolstof-staafje. De elektroden vormen de polen van de spanningsbron. Daarna meet je de spanning tussen de elektroden (figuur 53).

Door telkens andere elektroden te nemen en ook 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 bekersglas met kraanwater.

a Meet voor verschillende paren elektroden (figuur 53) de spanning tussen de elektroden. Neem de tabel van figuur 54 over en noteer daarin alle gemeten waarden. Schuur de elektroden weer af en spoel ze 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.

fig. 54

Tabel voor de gemeten waarden.

elektroden	gemeten spanning (in V)		
	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

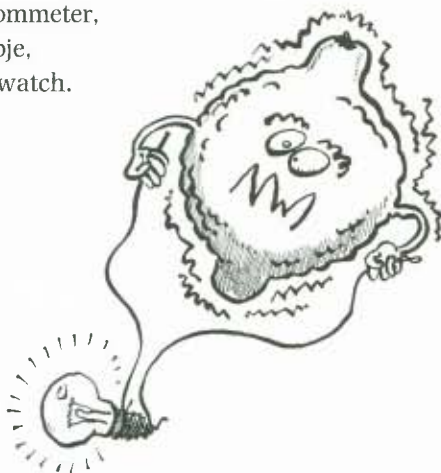
Als je de metingen met de citroen niet hebt uitgevoerd, meet dan de spanning tussen twee elektroden van ijzer in verdund zuur.

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 extra 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?

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

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 (vloeistoffen) 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 gaan we 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.

De elektroscoop

De belangrijkste onderdelen van de elektroscoop zijn:

- een metalen knop,
- een metalen staaf,
- een metalen of papieren wijzer,
- een metalen huis dat geïsoleerd is van de staaf door een plastic stop (figuur 55).

Als we de knop van de elektroscoop aanraken met een negatief geladen staaf, stroomt er lading over op de elektroscoop. De lading verdeelt zich over de metalen staaf en de wijzer (figuur 57).

Op de staaf en de wijzer zit dan dezelfde soort lading. De wijzer wordt afgestoten door de staaf en slaat uit.

fig. 55
Een elektroscoop.



1 Waarom moeten de knop, de staaf en de wijzer van metaal gemaakt zijn?

2 Wat zie je als je meer 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. 56
Symbolen voor een elektroscoop.

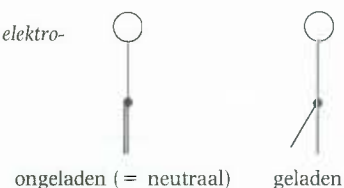
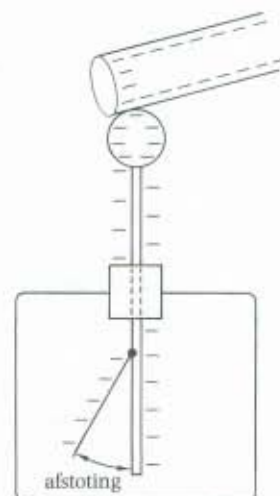


fig. 57
Een elektroscoop wordt geladen door een negatief geladen staaf.



Influentie

Als de elektroscop niet uitslaat, is deze ongeladen of neutraal. Op de elektroscop zit dan evenveel positieve als negatieve lading (figuur 58).

We houden nu een negatief geladen staaf in de buurt van de knop van de elektroscop. We zorgen 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 daardoor positieve lading achter. De onderkant van de staaf en de wijzer worden negatief geladen en de wijzer slaat uit (figuur 59).

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

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

4a 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 tot stand komt.

Polarisatie

We houden 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 verschoven. Daardoor overheerst aan de ene kant de positieve lading en aan de andere kant de negatieve lading (figuur 60).

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. 58
De verdeling van de lading op een ongeladen elektroscop.

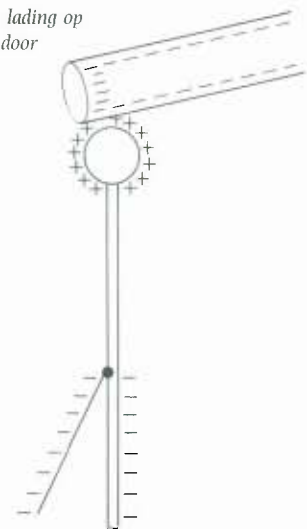


fig. 59
Verdeling van de lading op een elektroscop door influentie.

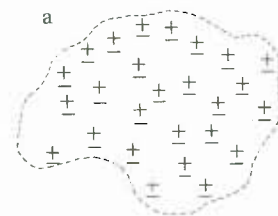
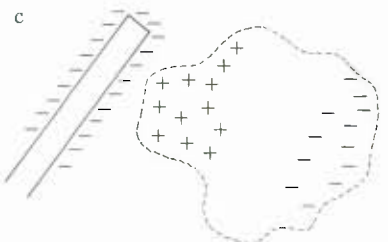
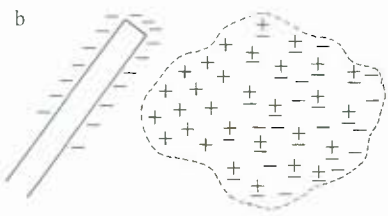


fig. 60
De ladingen op een wattenplukje als we een negatief geladen staaf in de buurt houden, a zonder geladen staaf in de buurt, b ladingverschuiving onder invloed van de geladen staaf, c het nettoresultaat dat hierdoor ontstaat.



Proeven

6 Wrijf een PVC-buis goed met een wollen lap. Beweeg het geladen uiteinde langzaam naar de knop van een elektroscop. Luister goed en kijk naar de uitslag van de elektroscop.

- Wat hoor je en wat zie je?
- 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.

- Wat zie je?
- 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.

- Wat gebeurt er met de uitslag van de elektroscop?

8 Wrijf de PVC-buis weer goed op. Houd het geladen uiteinde in de buurt van de knop van de ongeladen elektroscop.

- Wat zie je?
- Houd de staaf in de buurt van de knop van de elektroscop en raak met je vinger even de knop aan.
- Wat gebeurt er?
- Haal de geladen staaf weg bij de elektroscop.
- Wat zie je nu?
- Wrijf de PVC-buis weer op en houd het geladen uiteinde in de buurt van de knop van de elektroscop.
- Wat gebeurt er met de uitslag van de elektroscop?
 - Welke soort lading heeft gezorgd voor de uitslag van de elektroscop?

Opdrachten en vragen

9 Iemand heeft twee gelijke elektroscopen. De ene is positief geladen, de andere negatief. Op beide elektroscopen zit evenveel extra lading (figuur 61). De knoppen van de elektroscopen worden met elkaar verbonden door een snoertje.

- Leg uit wat er met de uitslag van beide elektroscopen gebeurt.
- Waarom moeten we voor de verbinding een snoertje nemen en geen blank koperdraadje?

fig. 61

Twee gelijke, maar tegengesteld geladen elektroscopen worden verbonden door een snoertje.

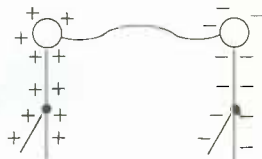
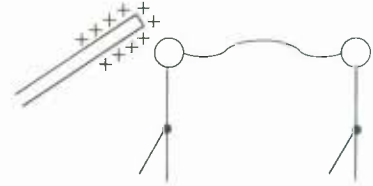


fig. 62

Een geladen perspex staaf in de buurt van de knop van één van de elektroscopen.



10 Twee gelijke, ongeladen elektroscopen zijn verbonden door een snoertje (figuur 62). We houden een geladen perspex staaf in de buurt van de knop van één van de elektroscopen. Beide elektroscopen geven dan een uitslag.

- Teken beide elektroscopen in je schrift en geef in de tekening de verdeling van de lading op beide elektroscopen aan.

We halen eerst het koperdraadje weg en daarna de geladen staaf.

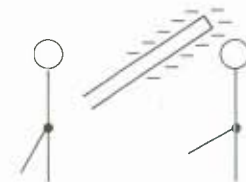
- Wat gebeurt er met de uitslag van beide elektroscopen?
- Teken nogmaals beide elektroscopen en geef in de tekening opnieuw de verdeling van de lading aan.

11 Twee lichte aluminium bolletjes liggen vlak bij elkaar op een isolerende plaat. Eén van de bolletjes raken we even aan met een geladen PVC-buis. Het andere bolletje wordt door het aangeraakte bolletje eerst aangetrokken en daarna afgestoten.

Leg met behulp van een aantal tekeningen uit wat er gebeurt.

12 Een elektroscop is geladen en we willen weten welke soort lading er op de elektroscop zit. We houden een negatief geladen staaf in de buurt van de knop van de elektroscop. De uitslag wordt dan groter (figuur 63).

fig. 63



- Welke soort lading zit er op de elektroscop?
- Leg met behulp van twee tekeningen uit wat er gebeurt als we de negatief geladen staaf in de buurt van de knop houden.

13 We blazen een ballon op en wrijven deze met een wollen lap. Als we de ballon tegen de knop van een elektroscop houden, slaat de elektroscop uit. Wat gebeurt er met de uitslag van de elektroscop als

we de ballon leeg laten lopen, terwijl hij in contact met de knop blijft? Licht je antwoord toe met twee tekeningen.

- 14 We houden een negatief geladen staaf in de buurt van de knop van een ongeladen elektroscop.
- Teken de elektroscop met de staaf in de buurt van de knop. Geef in de tekening de verdeling van de lading

op de elektroscop aan.

Als we met een vinger de knop van de elektroscop aanraken, verdwijnt de uitslag. Halen we daarna de staaf weg dan slaat de elektroscop weer uit!

- Wat gebeurde er toen we de knop van de elektroscop aanraakten?
- Teken de elektroscop en de verdeling van de lading op de elektroscop na het weghalen van de staaf.

Blok 12

E3

Extra 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 64).

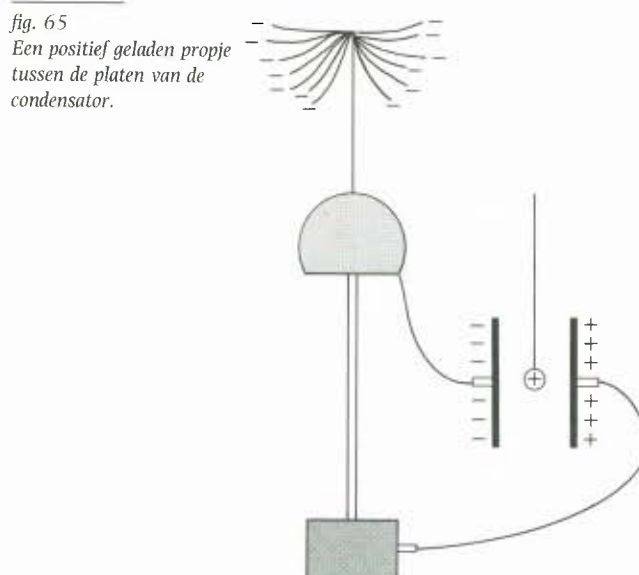
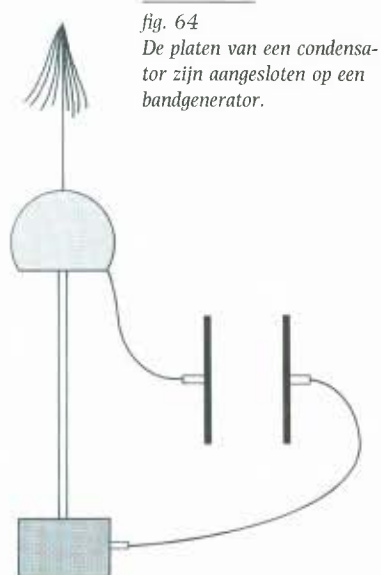
Als we de bandgenerator aanzetten, komt er negatieve lading op de kap en positieve lading op de voet van de bandgenerator.

- Leg uit wat er gebeurt met de papieren pluim. We zetten de bandgenerator uit. Tussen de platen van de condensator hangen we aan een nyldraad een propje aluminiumfolie dat positief geladen is (figuur 65). Het propje gaat heen en weer bewegen tussen de platen van de condensator.
- Leg met behulp van een aantal tekeningen uit wat er gebeurt.
- Wat zie je aan de papieren pluim?

- 2 De voorgaande proef lukt ook als je een ongeladen stukje piepschuim tussen de condensatorplaten hangt. Leg uit hoe dit komt (kijk eventueel bij het begrip polarisatie in E2).

- 3 In een platte batterij van 4,5 V zitten drie staafbatterijen van elk 1,5 V.

- 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.
- Wat betekenen deze gegevens?
- Bereken de weerstand van het lampje als het wordt aangesloten op 6 V.
- We sluiten het lampje aan op de batterij van 4,5 V. Hoe groot zal de stroom door het lampje minstens zijn? Licht je antwoord toe.



4 In een flitsapparaat zit een condensator die via een weerstand kan worden opgeladen. De spanning van de batterij is 9 V. Als we schakelaar S_1 sluiten, gaat er een stroom lopen door de weerstand (figuur 66). Het verband tussen de stroomsterkte en de tijd (na het sluiten van S_1) wordt gegeven in het diagram (figuur 67).

fig. 66
Het schakelschema van een flitsapparaat.

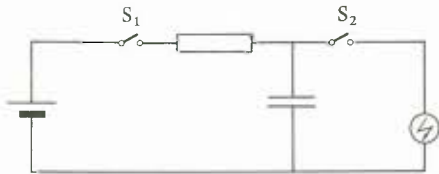


fig. 67
De verandering van de stroomsterkte tijdens het opladen van de condensatorplaten.

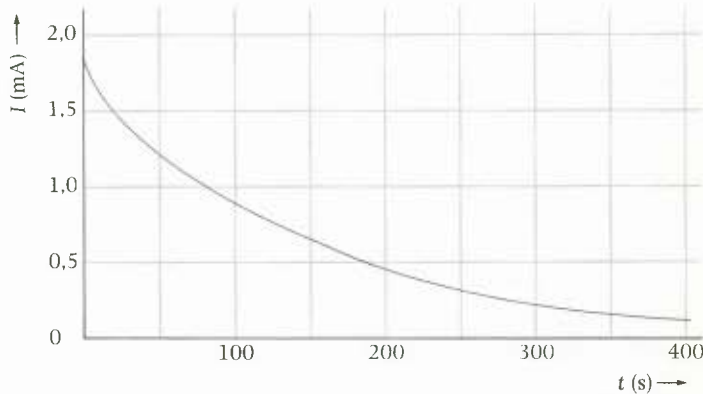
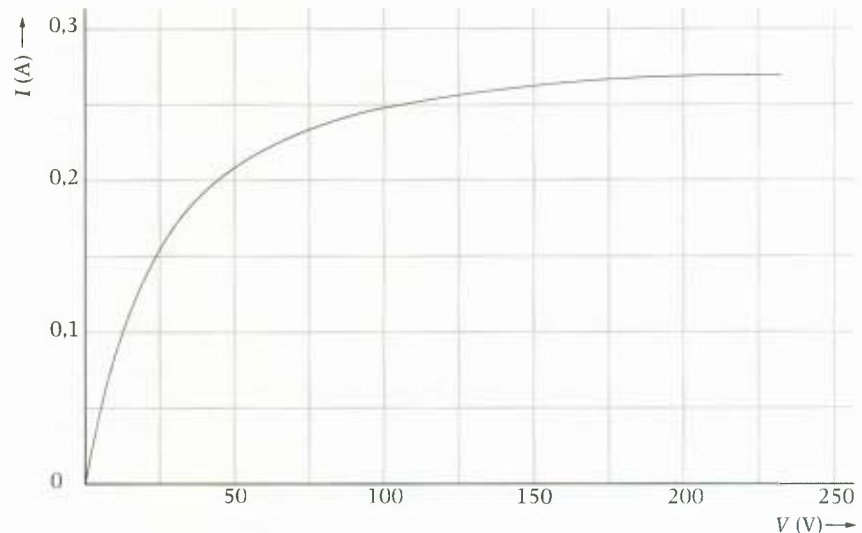


fig. 68
Het verband tussen de spanning en de stroomsterkte bij een lamp van 220 V.



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 foto met de flitser even wachten voor je opnieuw kunt flitsen?

5 We sluiten een lamp van 220 V aan op een variabele spanningsbron. In de schakeling worden ook een stroommeter en een spanningsmeter opgenomen, zodat we de spanning over de lamp en de stroomsterkte door de lamp kunnen meten.

a Teken het schema van de schakeling.

Het verband tussen de spanning en de stroomsterkte wordt gegeven door het diagram van figuur 68.

b Verklaar het verloop van de grafiek.

c Bepaal met behulp van het diagram de weerstand 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.

6 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.