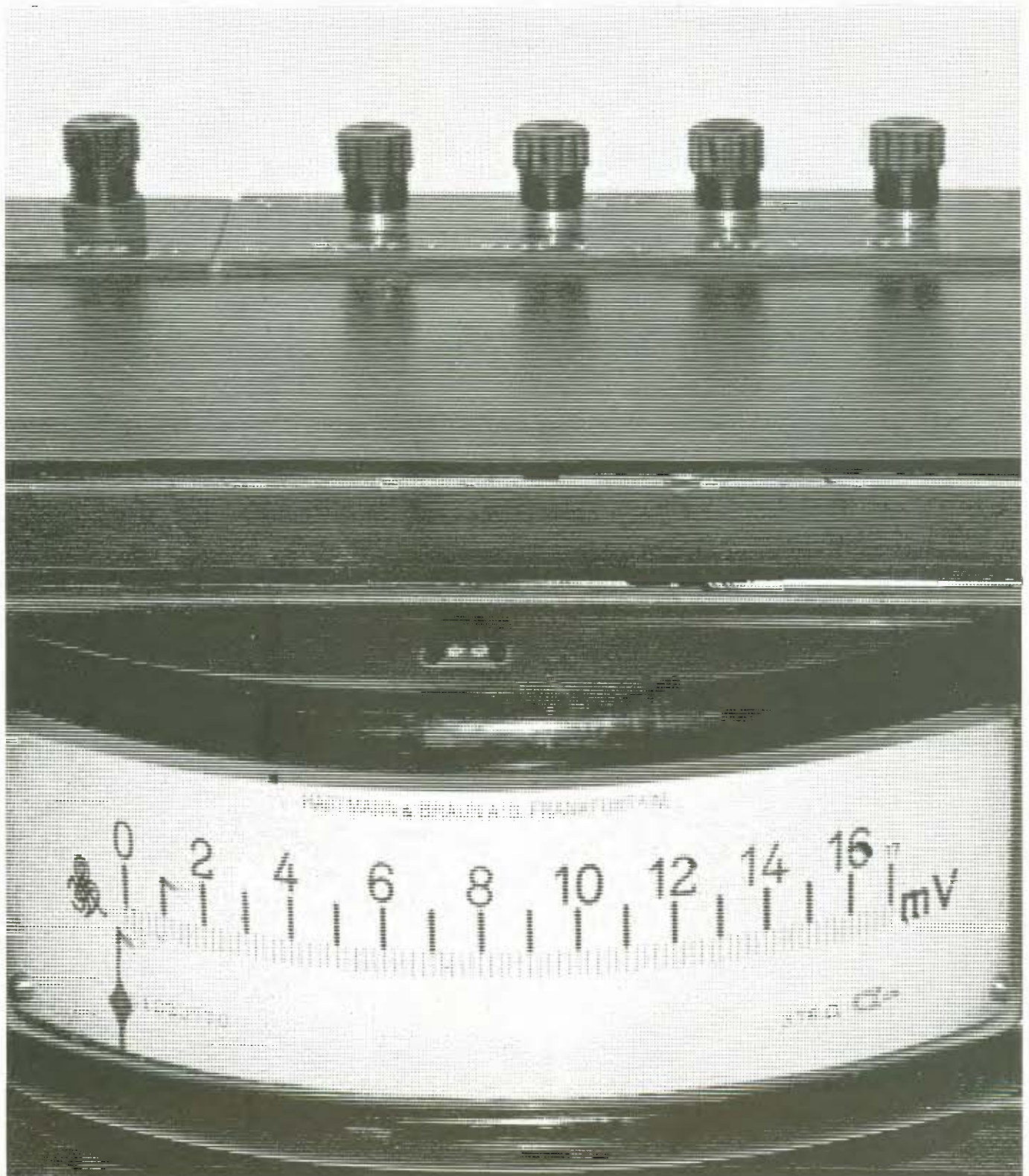


Blok 12 | Een blok vol weerstand



Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
Inleiding	5
P 1. Spanningsbronnen	6
P 2. Elektrische weerstand	8
P 3. Weerstanden in serie- en parallelschakeling	10
T 1. Spanningsbronnen	14
T 2. Elektrische weerstand	15
T 3. Weerstand in serie- en parallelschakeling	16
W 1. Spanningsbronnen	18
W 2. Elektrische weerstand	18
W 3. Weerstand in serie- en parallelschakeling	20

De volgorde waarin je de paragrafen moet doorwerken is:

P 1, T 1, W 1,
P 2, T 2, W 2,
P 3, T 3, W 3.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. De wet van Ohm	22
H 2. Serie- en parallelschakeling van weerstanden	25
H 1. Antwoordblad	29
H 2. Antwoordblad	30

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.

Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de katalogus voor de extra stof.

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

86. Veiligheid bij elektriciteit	31
88. Zelf spanningsbronnen maken	33
146. Berekeningen in elektrische schakelingen	35

Extra stof die in de klas aanwezig is

66. Gelijk- en wisselstroom (deel II)	
115. De diode.	

Blok 12 Leerdoelen

Wat moet je kunnen aan het eind van blok 12

1 Je moet weten welk onderdeel van een stroomkring er voor zorgt dat de stroom blijft lopen.	Te vinden in: P 1, T 1, W 1
2 Je moet weten dat er met spanning en spanningsverschil hetzelfde bedoeld wordt.	P 1, T 1
3 Je moet weten met welk meetinstrument je de spanning meet.	P 1
4 Je moet de eenheid en het symbool van spanning kennen.	P 1, T 1, W 1
5 Je moet weten hoe je het spanningsverschil over een onderdeel van een schakeling kunt meten.	P 1
6 Je moet weten hoe je de stroomsterkte door een onderdeel van de schakeling kunt meten.	blok 5 (klas 2)
7 Je moet weten wat het effect van een weerstand in een stroomkring is.	P 2, T 2
8 Je moet de eenheid en het symbool van weerstand kennen.	P 2, T 2
9 Je moet weten hoe je de weerstand van een apparaat kunt bepalen met een volt- en ampèremeter.	P 2, T 2, W 2
10 Je moet op roosterpapier een grafiek kunnen maken, die de relatie aangeeft tussen de spanning (V) en de stroomsterkte (I) bij een weerstand.	P 2
11 Je moet uit deze grafiek de weerstand kunnen berekenen.	P 2, T 2, W 2
12 Je moet de relatie kennen tussen de spanning, de stroomsterkte en de weerstand.	P 2, T 2, W 2
13 Je moet: a. V kunnen berekenen als I en R bekend zijn. b. I kunnen berekenen als V en R bekend zijn. c. R kunnen berekenen als I en V bekend zijn.	W 2, T 2
14 Je moet weten hoe je van een serieschakeling van weerstanden de totale weerstand kunt berekenen.	T 3, W 3
15 Van een serieschakeling moet je weten dat: a. de stroomsterkte door elke weerstand even groot is. b. de spanning over de serieschakeling zich verdeelt over de weerstanden.	P 3, T 3, W 3
16 Van een parallelschakeling moet je weten dat: a. de stroomsterkte in de hoofdkring gelijk is aan de som van de stroomsterkten in de verschillende takken. b. de spanning over elke tak even groot is.	P 3, T 3, W 3
17 Je moet weten hoe je van een parallelschakeling van weerstanden de totale weerstand kunt berekenen.	T 3, W 3
18 Je moet opgaven kunnen maken zoals in W 3 opgave 8 t/m 11	W 3

Blok 12 Inleiding

Inleiding

Dit blok is het derde over elektriciteit. In blok 5 heb je kennis gemaakt met effecten van elektriciteit. Je hebt de stroomsterkte leren meten en schakelingen gebouwd.

In blok 11 heb je gevonden dat een elektrische stroom niets anders is dan bewegende lading.

In dit blok zul je kennis maken met 2 nieuwe begrippen die veel met stroomsterkte te maken hebben: spanning en weerstand. Na dit blok begrijp je bijvoorbeeld waarom we over 220 V spreken. In dit blok wordt ook veel gerekend aan spanning, stroomsterkte en weerstand. Daarvoor ga je de relatie onderzoeken tussen spanning, weerstand en stroomsterkte.

Blok 12 Praktikum

P 1 Spanningsbronnen

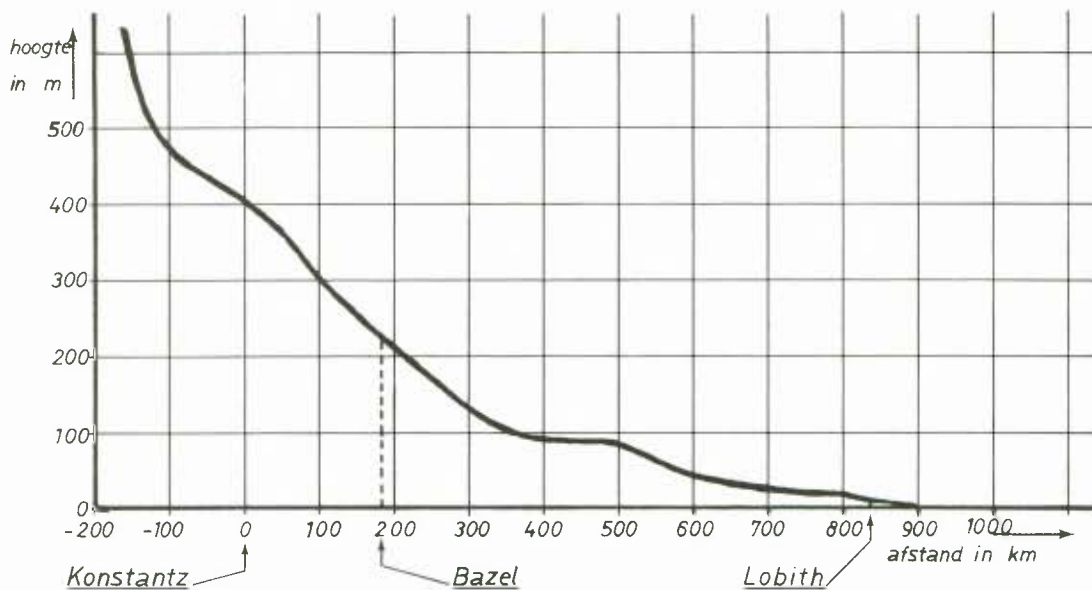
In blok 11 heb je gezien dat als je twee bollen met verschillende lading verbindt, er een stroom gaat lopen.

Hoe kun je er voor zorgen dat de stroom gedurende langere tijd blijft lopen? In deze paragraaf proberen we daar een antwoord op te geven.

1

Eén van de belangrijkste rivieren van West-Europa is de Rijn. De meeste bronnen bevinden zich in Zwitserland, tot op 3000 m hoogte. Het rivierwater stroomt via Duitsland en Nederland naar de Noordzee over een afstand van 1326 km.

Hieronder staat een grafiek, die de relatie aangeeft tussen het hoogteverschil en de afstand.



Hoeveel bedraagt het hoogteverschil tussen Konstanz en Lobith?

..... meter.

Waarom stroomt het water van Konstanz in de richting van Lobith?

Waar komt het water vandaan dat door de Rijn stroomt?

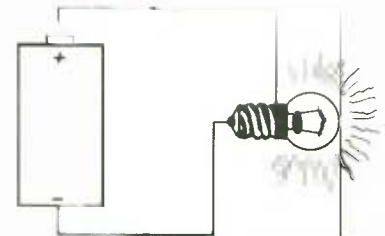
Op welke manier komt het water van de zee weer bij de bronnen?

We zullen nu elektrische stroom eens gaan vergelijken met deze kringloop van water.

2

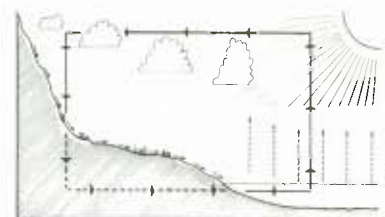
Neem een batterij en sluit daarop een lampje aan.

Het lampje gaat branden en blijft branden. Hoe komt het dat de lamp brandt?



Je kunt je afvragen: hoe komt het dat de elektrische stroom blijft lopen? Om deze vraag voor een deel te beantwoorden gaan we het lampje en de batterij vergelijken met de Rijn uit opdracht 1.

Door verdamping van water en regenval komt het water dat uit de Rijn stroomt er weer in terecht.



Bij elektrische stroom gaat er lading van de + kant van de batterij naar de - kant. (In blok 11 heb je geleerd dat de lading van + naar - gaat). De batterij zorgt ervoor dat de lading weer „omhoog gepompt” wordt van de - naar de +.

Bij de Rijn uit opdracht 1 is het hoogteverschil de oorzaak van de waterstroom. Bij een elektrische schakeling spreken we van spanningsverschil als oorzaak van een elektrische stroom. De batterij zorgt ervoor dat er een spanningsverschil blijft bestaan, zodat de stroom kan blijven lopen.

Je noemt een batterij ook wel spanningsbron.

Spanningsverschil kun je meten met een voltmeter. De eenheid van spanningsverschil is de volt (V).

3

- a. Sluit een voltmeter aan op de + en de - pool van de batterij uit opdracht 2.

Als je voltmeter meerdere aansluitingsmogelijkheden heeft, neem dan eerst de ongevoeligste stand. Daarna kun je alsnog besluiten om de andere aansluiting te nemen.

Het spanningsverschil tussen de polen is

In plaats van spanningsverschil spreken we ook vaak over spanning.

De spanning over de batterij is

- b. Meet de spanning over het lampje

- c. Wat valt je op?

4

Probeer met behulp van 2 batterijen een spanningsbron van 3 V te maken. Controleer met een voltmeter of je inderdaad een bron van 3 V hebt. Laat een lampje op 3 V branden.

5

Schakel een batterij van 4,5 V in serie met 2 lampjes (elk geschikt voor 2,5 V).

Je gaat nu de schakeling onderzoeken met de voltmeter.

- a. Meet de spanning over de batterij en de lampjes. Vul de resultaten in in de tabel.

spanning over	
batterij	..... V
lamp 1	..... V
lamp 2	..... V

Wat valt je op?

Vul aan: de spanning over de batterij = +

- b. Meet het spanningsverschil tussen P en Q en meet het spanningsverschil tussen R en S.

Wat valt je op?

.....

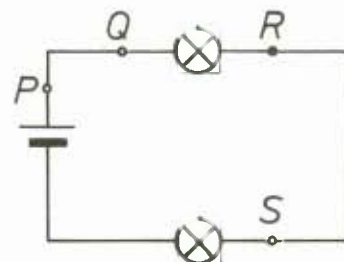
6

Maak een schakeling van een batterij, een lamp en een ampèremeter.

Meet de spanning over de ampèremeter: V.

Wat valt je op?

.....



P 2 Elektrische weerstand

Inleiding

Een lampje brandt goed op een batterij van 1,5 V.

Een startmotor van een auto werkt op 12 V.

Een wasmachine heeft 220 V nodig.

De stroomsterkte door een lamp is klein. De stroomsterkte door een startmotor kan wel 300 A bedragen.

Blijkbaar verschilt het van apparaat tot apparaat hoe goed de stroom doorgelaten wordt.

In het ene apparaat ondervindt de stroom een grote weerstand (kleine stroomsterkte); in het andere een kleine weerstand (grote stroomsterkte).

In deze paragraaf ga je onderzoeken wat weerstand is.

Je begrijpt dat het te lastig is om echte apparaten zoals wasmachines of koelkasten in de klas te halen. Daarom gebruiken we als vervanging kleine staafjes. Deze staafjes hebben dezelfde eigenschap wat het doorlaten van stroom betreft als een wasmachine of koelkast. Deze staafjes worden „weerstandjes” genoemd.



In schakelschema's worden ze als volgt voorgesteld:

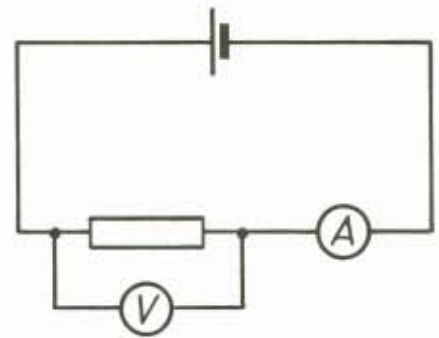


1

Voor deze proef heb je 2 weerstanden nodig: weerstand 1 en weerstand 2.

- a. Je gaat bekijken hoe goed de weerstanden de stroom doorlaten. Maak een schakeling volgens het hiernaast getekende schakelschema. Meet de spanning over het eerste weerstandje. Meet gelijktijdig de stroom door de weerstand. Vermeld de resultaten in de tabel.

weerstand	spanning	stroom
1	..... V	..... A
2	..... V	..... A



Vervang weerstand 1 door weerstand 2. Meet weer de spanning en de stroomsterkte.

Vul de tabel in.

Welke weerstand laat de stroom het moeilijkst door? Waarom?

.....

.....

- b. Neem nu weerstand 1 en meet de stroom die er door gaat bij vier verschillende spanningen. Begin met een kleine spanning. Neem bij een volgende meting steeds een hogere spanning.

Weerstand 1:

meting	spanning (V)	stroom (A)
1
2
3
4

Konklusie: Als de spanning over een weerstand groter wordt, dan

wordt de stroom door die weerstand

- c. Doe nu nog eens hetzelfde als in 1b, maar met weerstand 2.

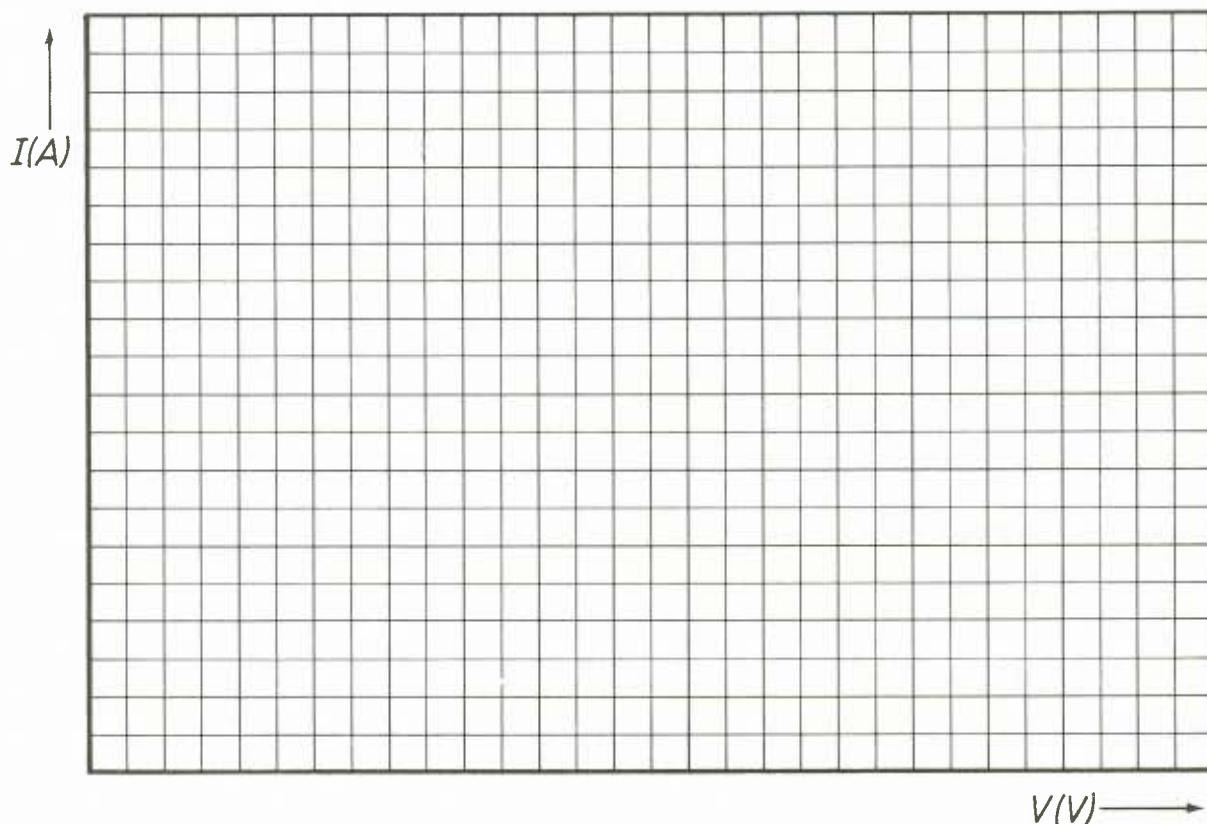
Weerstand 2:

meting	spanning (V)	stroom (A)
1		
2		
3		
4		

Konklusie: uit 1b en 1c volgt: Bij een weerstand neemt de stroomsterkte toe, als de spanning over die weerstand wordt.

2

- a. Zet de resultaten uit de tabellen bij 1b en 1c op onderstaand roosterpapier. Kies de getallen langs de assen zo, dat beide tabellen in één assenstelsel passen.
Maak een grafiek voor weerstand 1.
Maak een grafiek voor weerstand 2 (gebruik een andere kleur).
Vermeld bij elke lijn voor welke weerstand die is.



Als je nauwkeurig hebt gewerkt, zie je het verband tussen V en I in de grafieken. Bij elke weerstand is een bepaalde regelmaat waardoor een rechte lijn ontstaat.

Lees uit de grafieken af:

Als de spanning over een weerstand 2x zo groot wordt, dan wordt de stroom door die weerstand

Als die spanning over een weerstand 3x zo groot wordt, dan wordt de stroom door die weerstand

We zeggen dan dat de spanning en stroom zijn.

- b. Uit de proeven van 1 en 2 blijkt dat weerstand 1 de stroom makkelijker doorlaat dan weerstand 2. We gaan proberen dat uit te drukken in een getal.

Gebruik de gegevens van tabel 1b en 1c.

Bereken $\frac{V}{I}$

(V gedeeld door I) voor iedere meting. Vul onderstaande kolommen in:

weerstand 1	
meting	$\frac{V}{I}$
1
2
3
4

weerstand 2	
meting	$\frac{V}{I}$
1
2
3
4

Als alles goed is gegaan, staan er bij weerstand 1 nu vier getallen, die (ongeveer) even groot zijn. Bij weerstand 2 zie je ook vier (ongeveer) gelijke getallen.

Verandert de waarde van deze getallen als de spanning verandert?

Het getal dat uit de breuk $\frac{V}{I}$ komt, zegt of de stroom gemakkelijk of moeilijk doorgelaten wordt.

Kijk nog eens naar opdracht 1a.

Welke weerstand laat de stroom makkelijker door?

Vul aan: Hoe groter de verhouding $\frac{V}{I}$ des te makkelijker/moeilijker laat de weerstand de stroom door.

De verhouding $\frac{V}{I}$ van een apparaat noemen we de weerstand van het apparaat. We geven de weerstand aan met de letter R.
De eenheid van weerstand is de ohm (Ω).

3

Hoe groot is de weerstand van weerstand 1 uit de proeven?

4

Hoe groot is de weerstand van weerstand 2?

P 3 Weerstand in serie- en parallelschakeling

In deze paragraaf gaan we de eigenschappen van serie- en parallelschakelingen onderzoeken.

We onderzoeken hoe groot de weerstand van een aantal apparaten samen is en hoe spanning en stroomsterkte zich verdelen over de onderdelen van een schakeling. Ook nu gebruiken we in plaats van apparaten de weerstanden van P 2.

1

Weerstand, spanning en stroomsterkte in serieschakeling.

Maak de schakelingen die je hieronder ziet afgebeeld.

R_1 en R_2 zijn verschillende weerstanden.

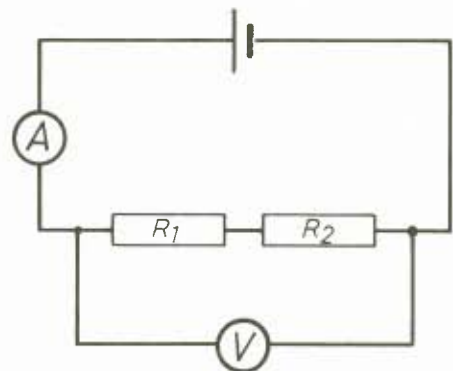
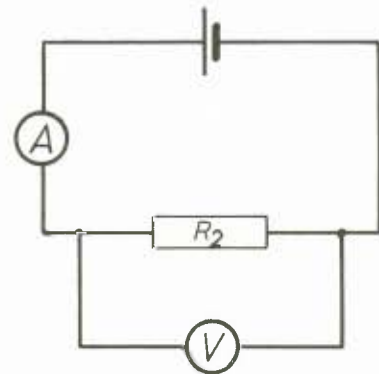
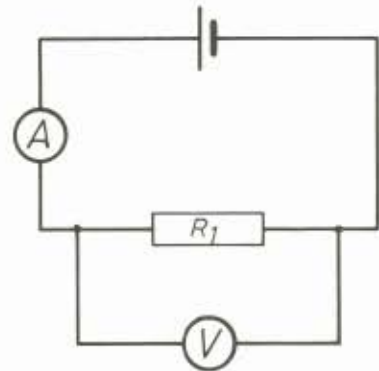
Meet steeds de stroomsterkte door en de spanning over de weerstand.

Bereken dan hoe groot de weerstand is.

a. $I_1 = \dots\dots\dots$
 $V_1 = \dots\dots\dots$
 $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \dots\dots\dots$

b. $I_2 = \dots\dots\dots$
 $V_2 = \dots\dots\dots$
 $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \dots\dots\dots$

c. $I = \dots\dots\dots$
 $V = \dots\dots\dots$
 $R_v = \frac{V}{I} = \dots\dots\dots$



Je zet nu R_1 en R_2 in serie. Je bepaalt de weerstand van R_1 en R_2 samen.

Daartoe meet je de spanning over R_1 en R_2 samen (zie tekening).

De weerstand van R_1 en R_2 noem je R_v .

Vergelijk het resultaat van proef c met de resultaten van proef a en b.
 Je konklusie is dan:

$R_v = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$

d. Gebruik de schakeling van proef c. Meet de spanning over R_1 en daarna de spanning over R_2 .

$V_1 = \dots\dots\dots$

$V_2 = \dots\dots\dots$

In proef c heb je de spanning V gemeten over R_1 en R_2 samen.

Konklusie:

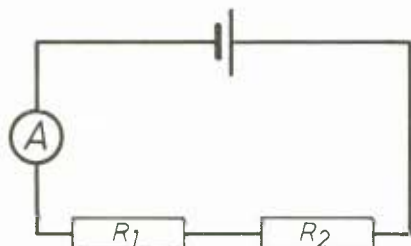
$V = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$

- e. Wat je nog moet meten is de stroomsterkte in de serieschakeling. Doe na elkaar de volgende drie metingen in de schakelingen die hieronder zijn getekend:

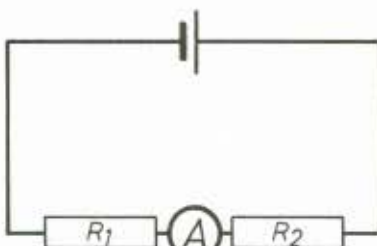
- de ampèremeter in figuur 1 geeft aan $I_1 =$
- de ampèremeter in figuur 2 geeft aan $I_2 =$
- de ampèremeter in figuur 3 geeft aan $I_3 =$

Je konklusie is dan:

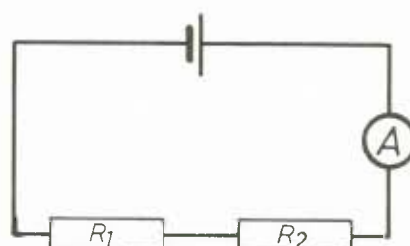
In een serieschakeling is de stroomsterkte



figuur 1



figuur 2



figuur 3

2

Weerstand, spanning en stroomsterkte in parallelschakelingen.

Maak de schakelingen die je hiernaast ziet afgebeeld.

R_1 en R_2 zijn de weerstanden die je tot nu toe gebruikt hebt.

- a. $I =$
 $V =$
 $R_v = \frac{V}{I} =$

Kijk bij 1a en 1b hoe groot R_1 en R_2 zijn.

$R_1 =$

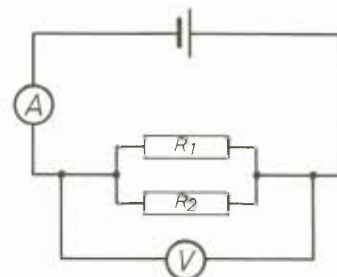
$R_2 =$

Geldt weer $R_v = R_1 + R_2$?

Het is lastig om het verband tussen R_v , R_1 en R_2 te zien. De relatie

ertussen is: $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Klopt dat voor jouw metingen?



- b. Gebruik de schakeling van proef 2a. Meet de spanning over R_1 en daarna de spanning over R_2 .

$V_1 =$

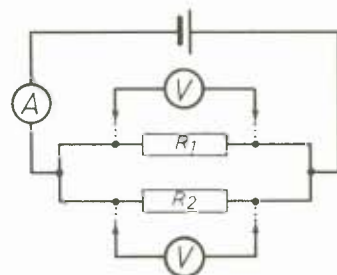
$V_2 =$

Vergelijk het resultaat van proef b met het resultaat van proef a. In proef a heb je de spanning V gemeten over de weerstand als geheel (R_v).

Konklusie:

.....

- c. In proef b heb je gemeten hoe het met de spanning zit in een parallelschakeling. Wat je nog moet meten is de stroomsterkte in de parallelschakeling.



Doe na elkaar de volgende vier metingen in de schakelingen die hieronder zijn getekend:

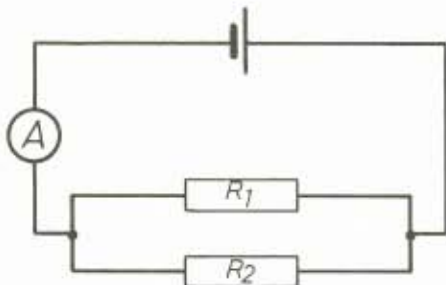
- de ampèremeter in figuur 1 geeft aan: $I_1 =$
- de ampèremeter in figuur 2 geeft aan: $I_2 =$
- de ampèremeter in figuur 3 geeft aan: $I_3 =$
- de ampèremeter in figuur 4 geeft aan: $I_4 =$

Konklusie:

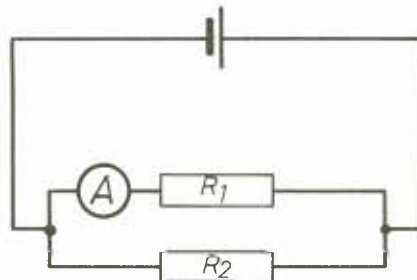
.....

.....

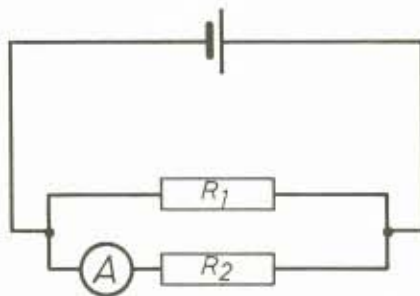
.....



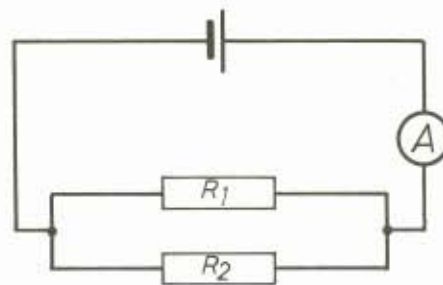
figuur 1



figuur 2



figuur 3



figuur 4

T 1 Spanningsbronnen

We hebben al eerder gezien in blok 11 dat een elektrische stroom kan worden opgevat als een hoeveelheid stromende lading, die energie geeft. Deze energie noemen we elektrische energie. De lading vervoert de elektrische energie naar de onderdelen (bijvoorbeeld lamp, motor) van een schakeling.

Een toestel dat er voor zorgt dat gedurende langere tijd elektrische lading kan stromen, noemen we een spanningsbron.

Tussen de beide aansluitingspunten van een spanningsbron heerst een spanningsverschil. Dit spanningsverschil is de oorzaak van het stromen van elektrische ladingen.

In plaats van het woord spanningsverschil, gebruiken we meestal het symbool (V). In plaats van „spanningsverschil tussen” mag je ook zeggen „de spanning over”.

De eenheid van spanning is de volt (symbool: V).

Voor een staafbatterij geldt: $V = 1,5 \text{ V}$.

Andere bekende spanningsbronnen zijn:

Lichtnet via stopkontakt (officieel wandkontaktdoos): $V = 220 \text{ V}$;

Akku: meestal $V = 12 \text{ V}$;

Zonnecel: V is ongeveer 1 V ;

Als een batterij of akku „leeg” is, betekent dat hij niet voldoende spanningsverschil meer kan opwekken. Je kunt beter zeggen dat de batterij dan uitgeput is.

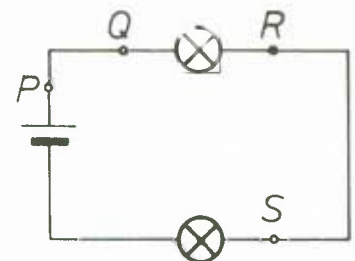
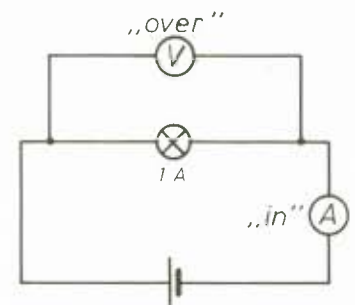
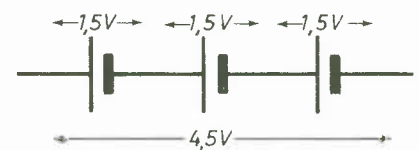
Door een aantal batterijen in serie te schakelen, kun je de spanning vergroten.

Schakel je 3 batterijen van elk $1,5 \text{ V}$ in serie, dan levert die spanningsbron een spanning van $4,5 \text{ V}$.

De spanning over een onderdeel van een schakeling meet je met een voltmeter. Omdat het om de spanning **over** bijvoorbeeld een lamp gaat moet je de voltmeter aansluiten voor en achter de lamp.

Dus:

De ampèremeter neem je **in** de schakling op; de voltmeter zet je **over** een onderdeel heen.



In P 1 heb je ontdekt dat de spanning die de bron levert, verdeeld wordt over de lampen (zie tekening).

Tussen R en S en PQ bleek geen spanningsverschil te zijn.

De spanning over de ampèremeter in proef 6 was 0 V .

De ampèremeter beïnvloedt dus niet het spanningsverloop in de schakeling.

T 2 Elektrische weerstand

Alle elektrische apparaten laten stroom door. De één veel, de ander weinig. 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 alleen afhankelijk van het apparaat zelf. Elektrische weerstand is dus een voorwerpseigenschap.

De weerstand van een apparaat bepaal je als volgt:

Je meet de spanning over het apparaat met een voltmeter.

Je meet de stroomsterkte door het apparaat met een ampèremeter.

De spanning gedeeld door de stroomsterkte is dan de weerstand (R).

In formule: $R = \frac{V}{I}$.

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

De grootheid weerstand wordt uitgedrukt in de **eenheid Ohm**. Symbool: Ω

In het voorbeeld hiernaast is $V = 3 \text{ V}$ en $I = 1 \text{ A}$.

De weerstand (R) is dan $R = \frac{3}{1} = 3 \Omega$

In de tabel hieronder zijn een aantal grootheden op een rij gezet.

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

Met de formule $V = I \cdot R$ kun je berekeningen uitvoeren.

De grootheden moeten dan in hun goede eenheden ingevuld worden (zie tabel). Hieronder staan daarvan een aantal voorbeelden.

Rekenvoorbeelden

Als je de spanning over een apparaat kent en je weet de stroomsterkte dan kun je de weerstand berekenen.

1

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

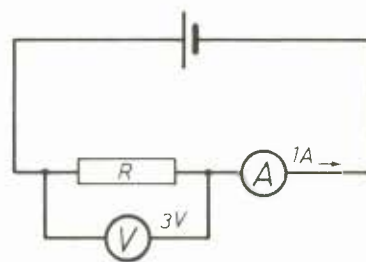
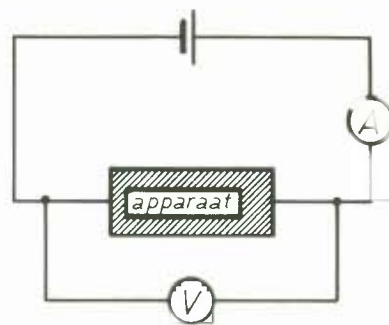
$$V = I \cdot R \Rightarrow 220 = 4 \cdot R \Rightarrow R = \frac{220}{4} \Omega \Rightarrow R = 55 \Omega$$

Uit de weerstand van een apparaat en de spanning erover kun je de stroomsterkte berekenen.

2

Over een weerstand van 120Ω staat een spanning van 3 V. Hoe groot zal de stroom door de weerstand zijn?

$$V = I \cdot R \Rightarrow 3 = I \cdot 120 \Rightarrow I = \frac{3}{120} \text{ A} \Rightarrow I = 0,025 \text{ A}$$



Je kunt ook V berekenen als R en I gegeven zijn.

3

Door een speelgoedtreintje met een weerstand van $175\ \Omega$ gaat een stroom van 80 mA .

Hoeveel volt staat er over dat treintje?

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

I moet in A ingevuld worden!

Soms kun je R berekenen door een grafiek nauwkeurig af te lezen.

4

In de grafiek hiernaast zie je dat als $I = 2\text{ A}$ de spanning $V = 50\text{ V}$.

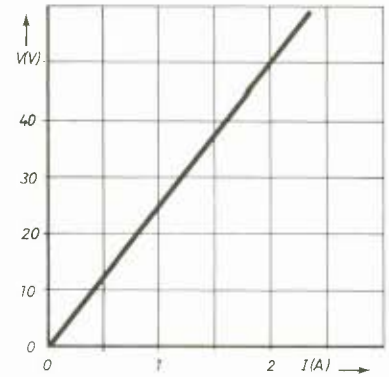
$$\text{Dus } 50 = 2 \cdot R \Rightarrow R = 25\ \Omega.$$

In P 1 heb je gevonden dat de spanning over een stuk elektriciteitsdraad vrijwel 0 V is.

Voor de weerstand betekent dat:

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

De stroom ondervindt geen weerstand van het snoer. De draden zijn dan ook alleen bedoeld om de stroom te geleiden naar het verbruiksapparaat (lamp, t.v., radio, enz.).



T 3 Weerstanden in schakelingen

1. Weerstanden in serie

In het schakelschema hiernaast staan twee weerstanden in serie geschakeld. In P 3 hebben we de volgende gegevens verzameld:

- a. de weerstand van R_1 en R_2 samen is gelijk aan één weerstand R_v .
Hiervoor geldt dan:

$$R_v = R_1 + R_2$$

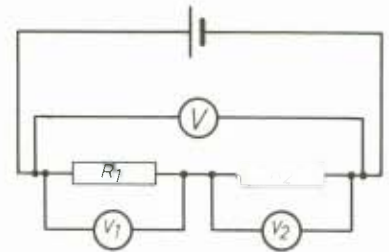
De v in R_v is van vervanging. R_v : vervangingsweerstand.

- b. de spanning (V) van de spanningsbron wordt over de weerstanden verdeeld. Hiervoor geldt dan:

$$V = V_1 + V_2$$

- c. de stroomsterkte (I) is in elk punt van de schakeling even groot, dus:

$$I_1 = I \text{ en } I_2 = I$$



2. Weerstanden parallel

In het schakelschema hiernaast staan twee weerstanden parallel geschakeld. In P 3 hebben we de volgende gegevens verzameld:

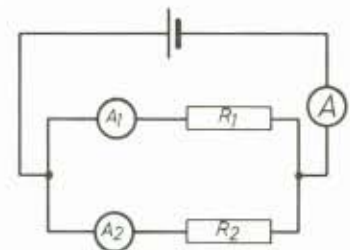
- a. de weerstand van R_1 en R_2 samen is gelijk aan één nieuwe weerstand R_v .
Hiervoor geldt dan:

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

- b. de spanning (V) van de spanningsbron wordt nu **niet** verdeeld over de weerstanden. Over elke weerstand staat de totale spanning, dus:

$$V_1 = V \text{ en } V_2 = V$$

- c. de stroomsterkte (I) wordt over de weerstanden verdeeld. Er geldt dan: $I = I_1 + I_2$. Er gaat niet zomaar stroom verloren.



Hieronder volgen een aantal voorbeelden waarin gebruik gemaakt wordt van de regels hierboven.

Voorbeeld 1

Bereken de stroomsterkte in de schakeling hiernaast.

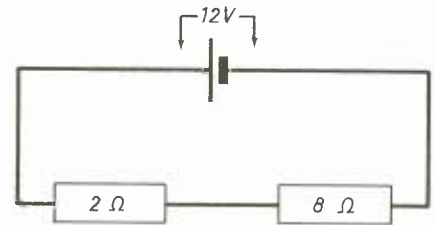
Uitwerking:

In serieschakeling mogen we weerstanden optellen:

$$R_v = 2 \Omega + 8 \Omega = 10 \Omega$$

De spanning over de beide weerstanden is 12 V.

$$\text{Dus } V = I \cdot R \Rightarrow 12 = I \cdot 10 \Rightarrow I = 1,2 \text{ A.}$$



Voorbeeld 2

Bereken in de schakeling hiernaast de spanning over de weerstand van 3Ω .

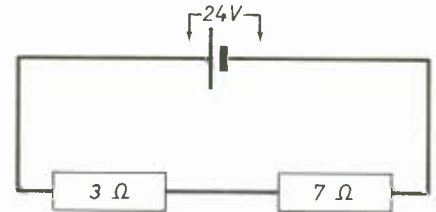
Uitwerking:

Om de spanning over de weerstand te berekenen moet je R en I kennen. R is gegeven en I kun je berekenen.

$$\left. \begin{array}{l} R_v = 3 \Omega + 7 \Omega = 10 \Omega \\ V = 24 \text{ V.} \end{array} \right\} \Rightarrow 24 = I \cdot 10 \Rightarrow I = 2,4 \text{ A.}$$

Nu weet je dat de stroomsterkte door de weerstand ook 2,4 A is.

$$\left. \begin{array}{l} R = 3 \Omega \\ I = 2,4 \text{ A.} \end{array} \right\} \Rightarrow V = I \cdot R \Rightarrow V = 2,4 \cdot 3 \text{ V} = 7,2 \text{ V}$$



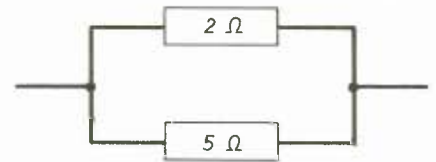
Voorbeeld 3

Bereken R_v in de situatie hiernaast.

Uitwerking:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{2} + \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{1}{R_v} = \frac{7}{10} \Rightarrow R_v = \frac{10}{7} \Omega = 1,4 \Omega.$$

Je ziet dat R_v kleiner is dan de beide weerstanden. De stroom ondervindt dus bij zo'n parallelschakeling minder weerstand.



Voorbeeld 4

Bereken I, I_1 , en I_2 .

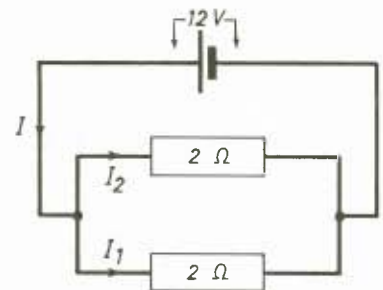
Uitwerking:

Over elk van de weerstanden van 2Ω staat een spanning van 12 V.

$$\text{Dus: } I_1 = \frac{12}{2} \text{ A} = 6 \text{ A en}$$

$$I_2 = 6 \text{ A.}$$

Verder geldt $I_1 + I_2 = I$ dus $I = 12 \text{ A}$.



Samenvatting

1. In een **serie-schakeling** mag je de waarden van de weerstanden optellen (zie 1a);
2. In een **serie-schakeling** verdeelt de spanning van de bron zich over de weerstanden (zie 1b);
3. In een **serie-schakeling** is de stroomsterkte overal even groot (1c).
4. In een **parallel-schakeling** mag je de „omgekeerde waarden” van de weerstanden optellen (zie 2a);
5. In een **parallel-schakeling** verdeelt de stroom zich over de weerstanden (zie 2c).
6. In een **parallelschakeling** is de spanning over de takken even groot.

Uit blok 5 (klas 2) weet je nog:

7. Als je in een serie-schakeling van lampjes er een losdraait gaan alle lampen uit (de kring is verbroken);
8. Als je in een parallel-schakeling een lampje losdraait blijven de andere branden.

W 1 Spanningsbronnen

1

- a. Een platte batterij van 4,5 V bestaat uit enkele kleine staafbatterijtjes van 1,5 V. Hoeveel?

Op welke manier zijn ze met elkaar verbonden?

- b. Een auto-akku bestaat uit een aantal „cellen”, die elk een spanningsverschil leveren van 2 V. Hoeveel cellen bevat een akku van 12 V?

2

Waarom voegt men meestal een groot aantal zonnecellen samen tot een zonnepaneel?

3

Met een gewreven staaf kun je een neonlampje laten branden. Is deze pvc-staaf een spanningsbron?

Verklaar je antwoord.

4

Als de batterijen van je zaklantaarn uitgeput raken, gaat het lampje zwakker branden. Kun je dat verklaren?

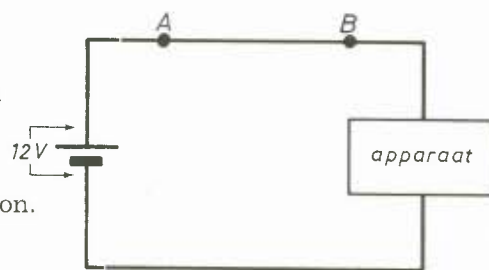
5

Waarom is het levensgevaarlijk om met een spijker of potlood in een stopkontakt te peuteren?

6

Hiernaast staat een schakeling met een apparaat en een spanningsbron. De spanningsbron levert een spanning van 12 V.

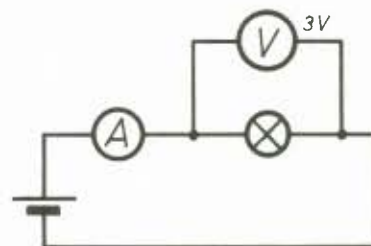
- a. Hoe groot is het spanningsverschil tussen de polen van de bron?
b. Hoe groot is de spanning over AB?
c. Hoe groot is de spanning over het apparaat?



7

In een schakeling is een ampèremeter in serie met een lamp geschakeld. De spanning over de lamp is 3 V.

Hoe groot is de spanning over de lamp en de ampèremeter samen?



W 2 Elektrische weerstand

1

Schrijf op hoe je de weerstand van een apparaat bepaalt.

2

De wet van ohm: $R = \frac{V}{I}$ kun je op 2 andere manieren schrijven. Doe dat.

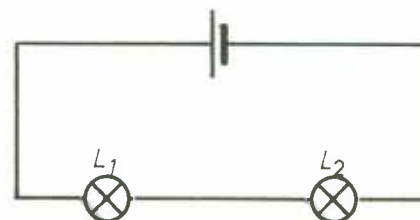
3

In de schakeling hiernaast is de spanning over L_1 : 3 V.

Over L_2 is de spanning 6 V.

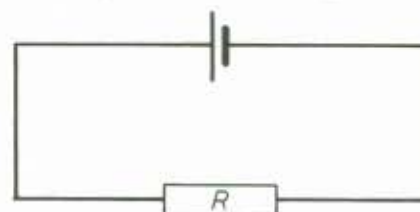
De stroomsterkte door de lampen is 0,5 A.

Bereken de weerstand van de lampen.



4

Teken in de schakeling hiernaast hoe je de voltmeter en de ampèremeter moet schakelen om de weerstand te bepalen.



5

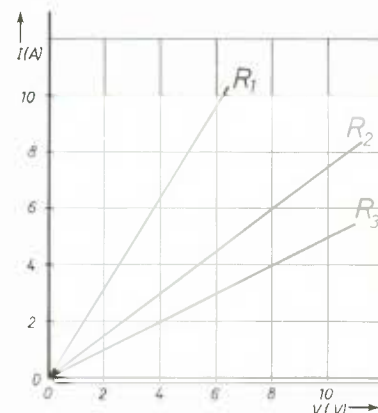
Van een 6-tal elektrische apparaten staan in de tabel hieronder enige gegevens.

Bereken telkens de ontbrekende grootheid.

apparaat	spanning (V) in V	stroom (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

Bekijk nevenstaande grafiek en bereken R_1 , R_2 en R_3 .



7

Van een radio is gegeven dat $I = 10 \text{ mA}$ en $V = 220 \text{ V}$.

Bereken R .

8

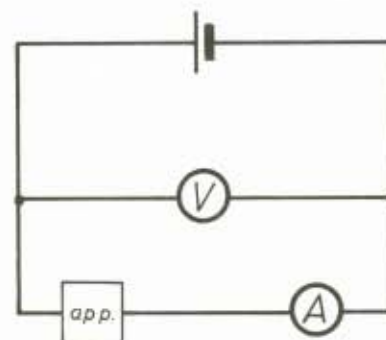
Iemand wil de weerstand van een apparaat bepalen. Kan dat met de schakeling die hiernaast is getekend? Waarom?

9

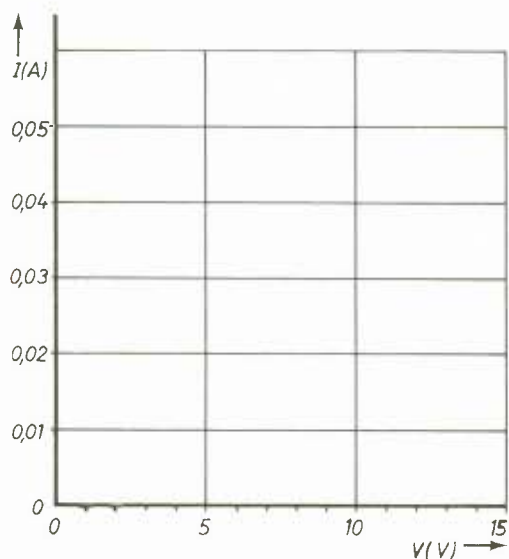
Iemand doet de proef van P 2 (1b en 1c) met een apparaat en een lampje.

Hij krijgt de volgende tabellen:

apparaat			lampje		
meting	spanning (V)	stroom (A)	meting	spanning (V)	stroom (A)
1	2	0,008	1	3	0,014
2	5	0,020	2	6	0,025
3	8	0,032	3	10	0,040
4	13	0,052	4	13	0,043



a. Teken in het diagram hieronder de grafieken van het apparaat en het lampje (I).



- b. Bereken de weerstand van het apparaat.
- c. De grafiek van L is geen rechte lijn.
Wat gebeurt er met de weerstand van het lampje als de spanning groter wordt?

10

Een lampje is aangesloten op 6 V. De stroomsterkte is dan 2 A.

- a. Bereken de weerstand van de lamp.
- b. Hoe groot wordt I als je de lamp aansluit op het lichtnet (220 V).
Wat gebeurt er dan?

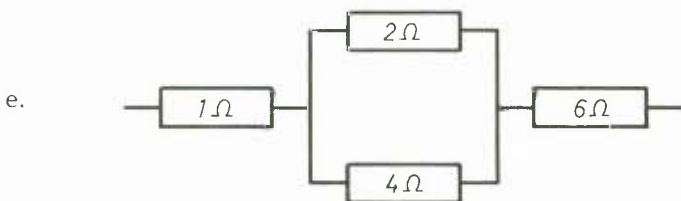
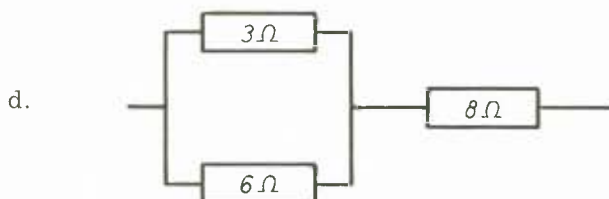
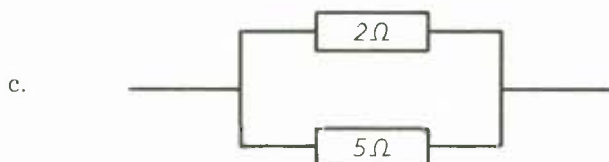
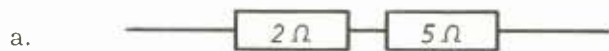
W 3 Weerstand in schakelingen

1

Schrijf de eigenschappen van serie- en parallelschakelingen, die we in P 3 gevonden hebben, nog eens op.

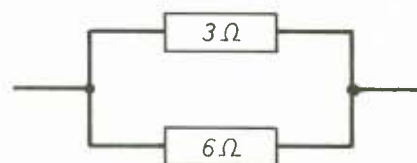
2

Bereken in de volgende situaties telkens de totale weerstand R_v .



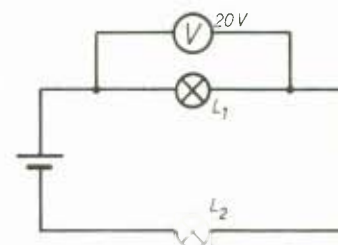
3

Bereken R_v in de tekening hiernaast.
Je ziet nu dat R_v kleiner is dan beide weerstanden.
Dus bij parallelschakeling neemt de weerstand af.
Probeer dat eens te verklaren.



4

In de tekening hiernaast levert de spanningsbron een spanning van 30 V.
Over L_1 staat 20 V.
Op welke spanning brand L_2 ?



5

Een kerstboomverlichting met 11 gelijke lampjes (in serie) is aangesloten op een wandkontaktdoos (220 V).

Je meet met een voltmeter het spanningsverschil over één lampje. Wat wijst de meter aan?

Maakt het uit over welk lampje je het spanningsverschil meet?

6

Twee verschillende lampjes L_1 en L_2 staan parallel geschakeld. De stroomsterkte door ampèremeter 1 is 1,8 A. De stroomsterkte door L_1 is 0,7 A.

Wat wijst A_3 aan?

7

In de schakeling van vraag 6 is de spanning over de spanningsbron 10 V. Bereken de spanning over L_1 en over L_2 .

8

In de schakeling hiernaast loopt een stroom van 2 A. De spanning over R_v bedraagt 10 V.

a. Bereken R_v .

b. R_v bestaat uit een weerstand van $4\ \Omega$ en een onbekende weerstand. Bereken de onbekende weerstand.

c. Bereken de spanning over de onbekende weerstand.

9

a. Bereken met de gegevens hiernaast de onbekende weerstand. (Gebruik de methode van vraag 8!).

b. Bereken de spanning over de onbekende weerstand.

10

a. Bereken R_v met behulp van de gegevens uit de tekening hiernaast.

b. R_v is een parallelschakeling van een weerstand van $6\ \Omega$ en een onbekende weerstand. Bereken de onbekende weerstand.

$$\left(\text{Gebruik: } \frac{1}{R_v} = \frac{1}{6} + \frac{1}{?}\right)$$

11

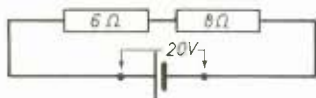
a. Bereken met de gegevens in de tekening hiernaast de onbekende weerstand.

b. Bereken de stroomsterkte door de onbekende weerstand.

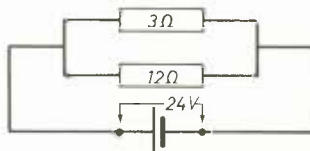
12

Bereken in onderstaande situatie de stroomsterkte in de hoofdketen. Aanwijzing: bereken eerst de totale weerstand!

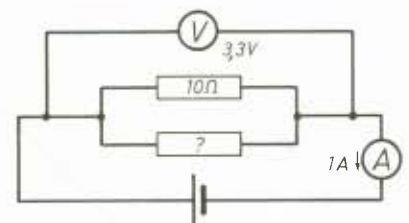
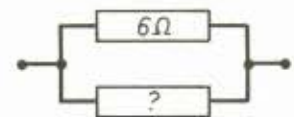
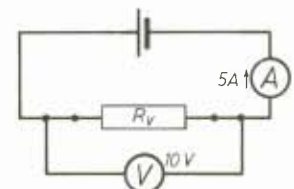
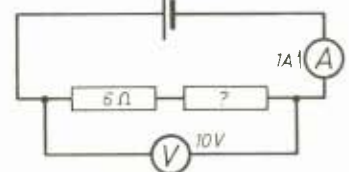
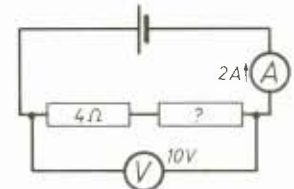
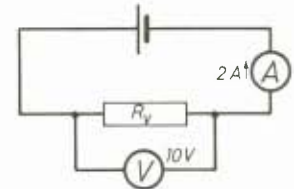
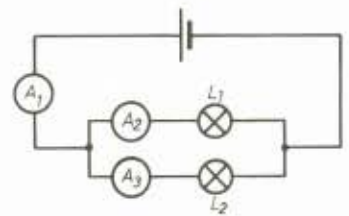
a.



b.



c. Hoe groot is in onderdeel b de stroomsterkte in de beide takken?



H 1 De wet van Ohm

Een onderzoeker in de Elektriciteitsleer bezit een elektriciteitsdoos met het opschrift: Wet van Ohm.

In de doos zitten: één spanningsbron, die verschillende spanningen kan leveren, een ampèremeter, een voltmeter en snoeren. Ook zitten er twee blokjes A en B in met aansluitklemmen.

Teken hiernaast een schakeling waarmee je de weerstand van blokje A kunt bepalen. Controleer je schakeling (antwoordblad).

In een bijbehorende handleiding staan een aantal opdrachten die de onderzoeker moet uitvoeren.

Opdracht 1: Lees bij een aantal spanningen de bijbehorende stroomsterkte (I) af op de voltmeter en de ampèremeter. Vermeld de waarden in tabel 1.

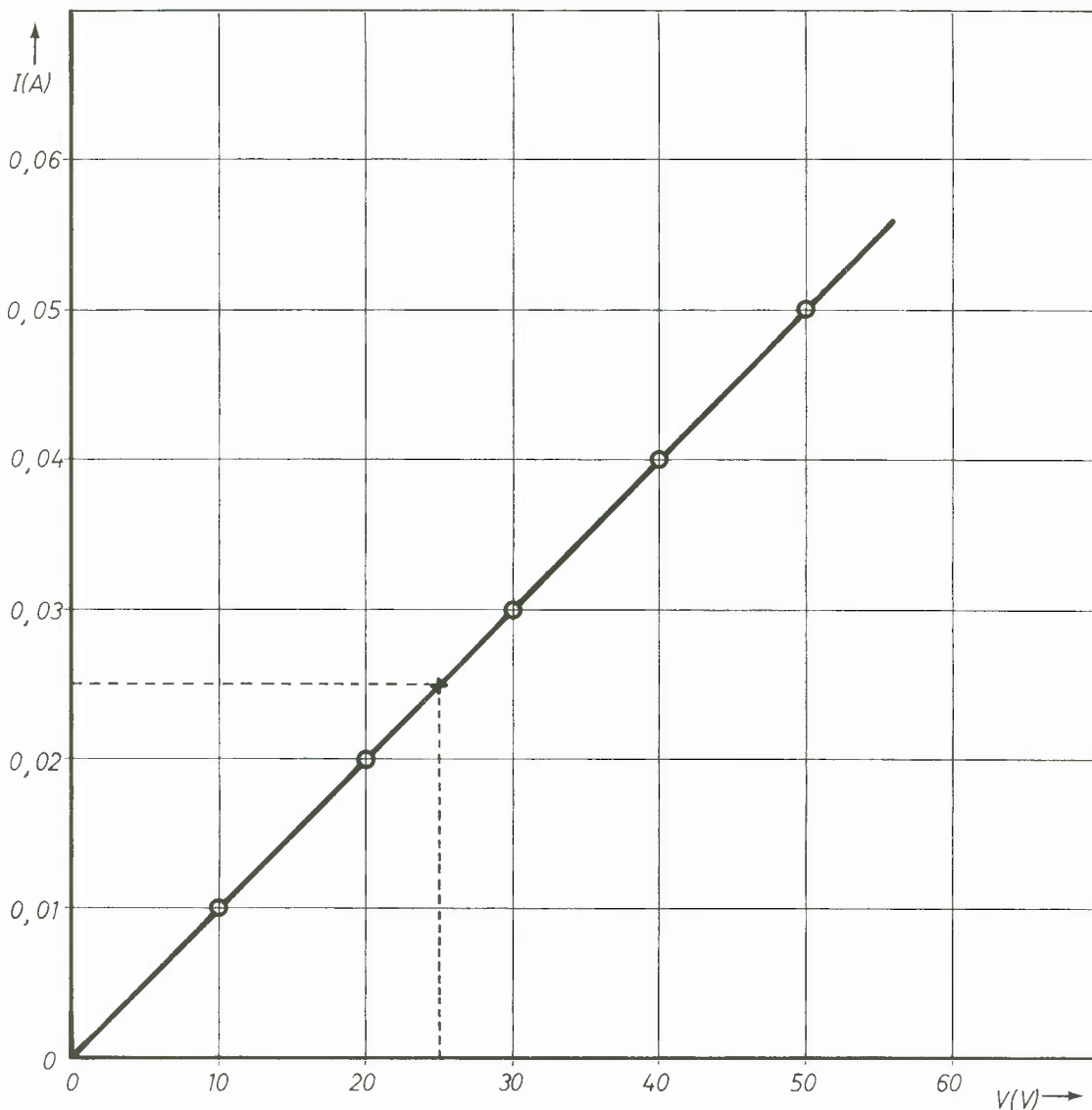
Je ziet in tabel 1 deze waarden.

Opdracht 2: Maak aan de hand van de gegevens, zoals vermeld in tabel 1, een duidelijk grafiek, waarbij je V tegen I uitzet.

V (V)	I (A)
0	0
10	0,01
20	0,02
30	0,03
40	0,04
50	0,05

tabel 1

Je ziet de door de onderzoeker getekende grafiek.



Zoals je ziet is de grafiek een rechte lijn die door de oorsprong gaat.

Dit betekent dus dat V en I met elkaar

zijn.

In formuletaal schrijf je dan: $\frac{V}{I} = \text{konstant}$.

Deze konstante noemen we de **weerstand**, aangeduid met de letter R. De eenheid van R is Ω (spreek uit: oom).

Nog een keer: $R = \frac{V}{I}$ of $V = I \cdot R$

Dit verband tussen V en I noemen we de Wet van Ohm.

Om de waarde van de weerstand uit de grafiek te bepalen ga je als volgt te werk. Kies een punt op de lijn en lees de bijbehorende waarden van V en I af. Deel de waarde van V door de waarde van I. Je hebt dan de waarde van de weerstand.

Bekijk nog eens de grafiek, gemaakt door de onderzoeker.

Kies het punt, aangegeven met het kruisje. $V = 25 \text{ V}$, $I = 0,025 \text{ A}$.

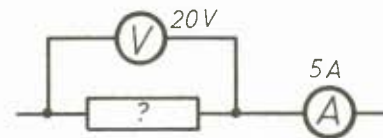
De waarde van de weerstand is dan: $R = \frac{V}{I}$
 $R = \frac{25}{0,025} = 1000 \Omega$

Voorbeelden waarin V, R of I berekend moeten worden.

1

Gegeven: $V = 20 \text{ V}$ Gevraagd: R
 $I = 5 \text{ A}$

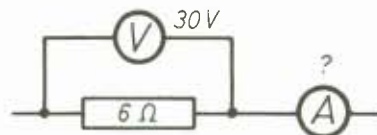
Oplossing: $V = I \cdot R \Rightarrow 20 = 5 \cdot R \Rightarrow R = 4 \Omega$



2

Gegeven: $V = 30 \text{ V}$ Gevraagd: I
 $R = 6 \Omega$

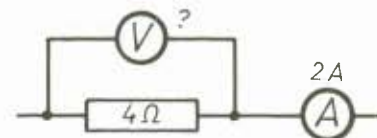
Oplossing: $V = I \cdot R \Rightarrow 30 = I \cdot 6 \Rightarrow I = 5 \text{ A}$.



3

Gegeven: $I = 20 \text{ mA}$ Gevraagd: V
 $R = 4 \Omega$

Oplossing: $V = I \cdot R$
 $V = 0,02 \cdot 4 \text{ V} = 0,08 \text{ V}$

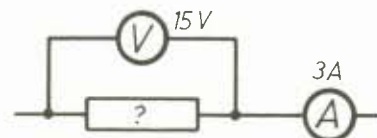


Oefen nu zelf met de volgende opgaven:

Opgave 1:

a. Gegeven: $V = 15 \text{ V}$ Gevraagd: R
 $I = 3 \text{ A}$

b. Gegeven: $V = 10 \text{ V}$ Gevraagd: I
 $R = 2 \Omega$



c. Een wasmachine is aangesloten op het lichtnet (220 V).
De stroomsterkte is 4 A. Bereken de weerstand van de wasmachine.

d. Door een radio gaat 8 mA.
De spanning is 220V. Bereken: R.

Opgave 2:

Een gloeilamp wordt aangesloten op 220 V.

De weerstand van de gloeidraad is $1100\ \Omega$.

De stroomsterkte door de lamp is dan.

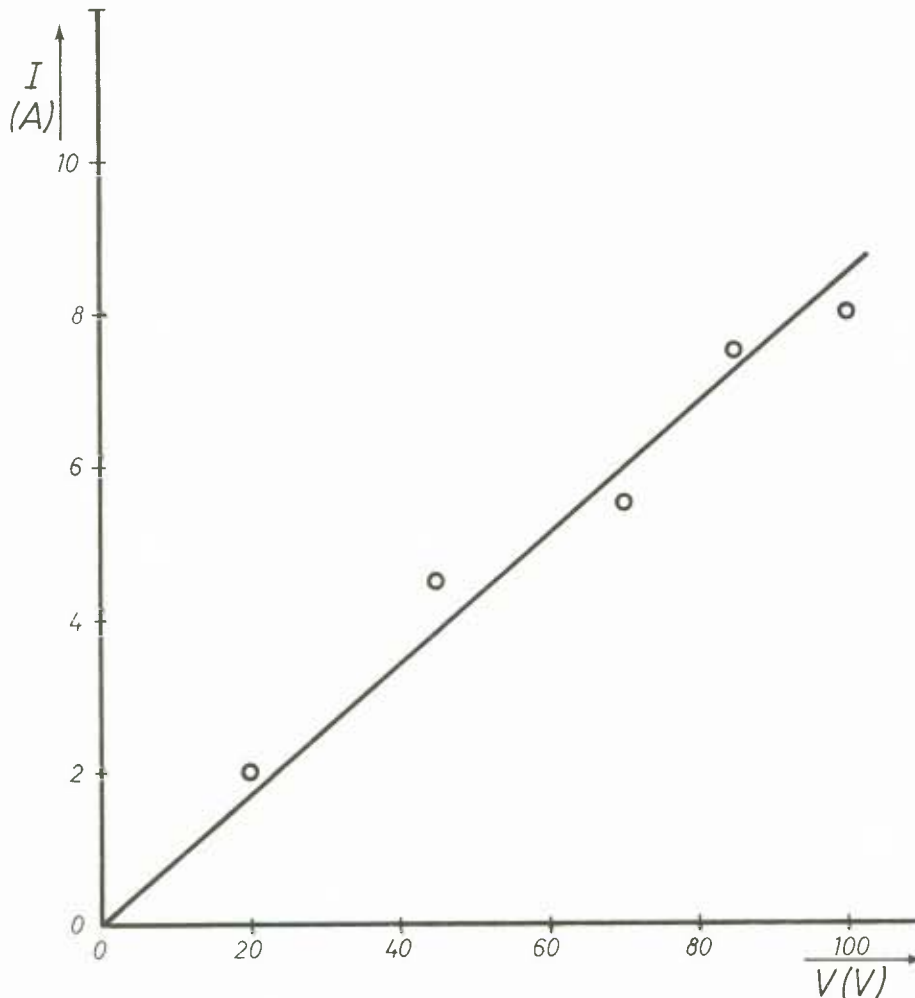
- a. 0,2
- b. $0,2\ \Omega$
- c. $0,2\ \text{A}$
- d. $0,2\ \text{V}$

Opgave 3:

Aan de hand van de tabel 2 hiernaast is een grafiek gemaakt die het verband aangeeft tussen de spanning over een weerstand en de stroomsterkte door een weerstand.

V (V)	I (A)
20	2
45	4,5
70	5,5
85	7,5
100	8

Tabel 2



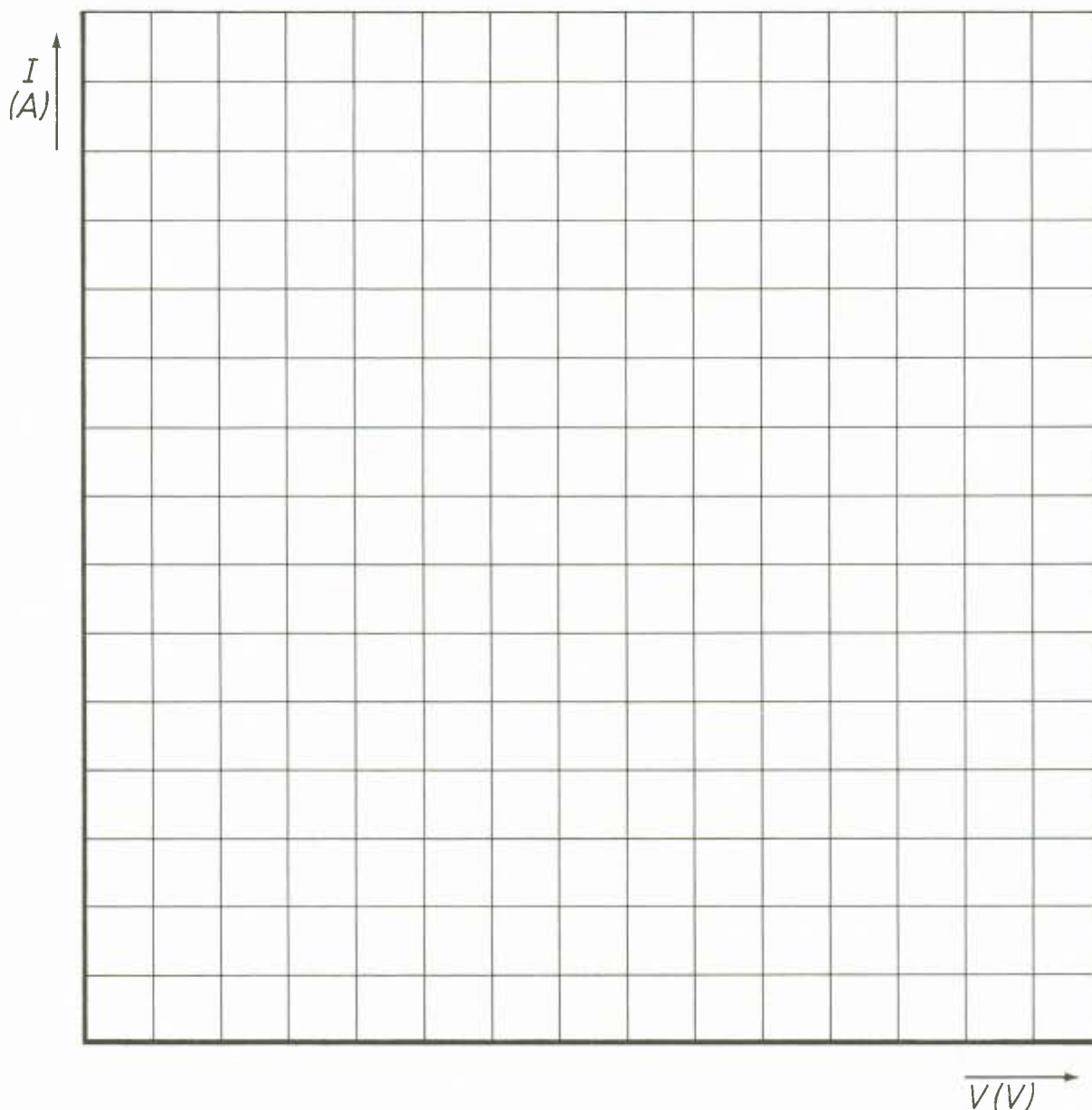
- a. Bepaal uit de grafiek de waarde van de weerstand.

- b. Waarom is het beter om de waarde van de weerstand uit de grafiek te halen dan uit de tabel?

Opgave 4:

Maak aan de hand van de tabel hiernaast een grafiek, die het verband aangeeft tussen V en I .
Bepaal daarna uit de grafiek de grootte van het weerstand.

V (V)	I (A)
0	0
10	0,02
20	0,04
30	0,05
40	0,08



H 2 Serie- en parallelschakeling van weerstanden

Inleiding

Een gesloten stroomkring kan bestaan uit verschillende onderdelen: verbindingsdraden, gloeidraden in de lampjes, elektromotoren of gewoon een weerstand.

De weerstand die de stroom ondervindt, is bij ieder onderdeel van de schakeling anders.

Je kunt deze onderdelen op twee manieren schakelen, in serie of parallel.

DE SERIESCHAKELING

Stel je voor dat je met 30 leerlingen op het schoolplein in een kring rondloopt: je speelt er voor „stroom”.

Nu gaan 6 andere leerlingen op verschillende plaatsen in de kring voor weerstandje spelen: je moet haasje over springen, over alle 6 na elkaar.

Vraag 1

Is het nu moeilijker of gemakkelijker voor de rondlopende leerlingen?

Daarna gaan er nog 6 leerlingen extra voor weerstandje spelen. Ze gaan op verschillende plaatsen in de kring staan.

Vraag 2

Is het nu moeilijker of makkelijker geworden in vergelijking met 1 voor de rondlopende 30 leerlingen?

Bij een elektrische stroom kom je precies hetzelfde tegen.

Een weerstand is een hindernis voor de stroom van ladingen.

Als je een paar weerstanden achter elkaar zet, wordt de hindernis steeds moeilijker om te passeren.

Door serieschakeling van weerstanden wordt de totale weerstand groter.

De eigenschappen van serieschakeling zijn hieronder nog eens opgesomd. Bekijk ook de tekening hiernaast.

1. De stroomsterkte is overal in de serieschakeling even groot.
2. $R_v = R_1 + R_2$.
3. $V_1 + V_2$.

Met deze eigenschappen kun je berekeningen doen in serieschakelingen.

Eerst een voorbeeld:

Gegeven de schakeling zoals hiernaast is getekend.

$$I = 3 \text{ A}$$

$$V = 24 \text{ V}$$

$$R_1 = 3 \Omega$$

Bereken: R_2 .

Oplossing:

Uit I en V kun je R_v berekenen (wet van Ohm).

Met R_v en R_1 kun je R_2 berekenen.

$$\left. \begin{array}{l} V = 24 \text{ V} \\ I = 3 \text{ A} \end{array} \right\} \Rightarrow R_v = \frac{24}{3} \Omega = 8 \Omega$$

$R_v = R_1 + R_2$ (eigenschap 2) dus:

$$8 \Omega = 3 \Omega + R_2 \Rightarrow R_2 = 5 \Omega.$$

Maak nu zelf de volgende opgaven:

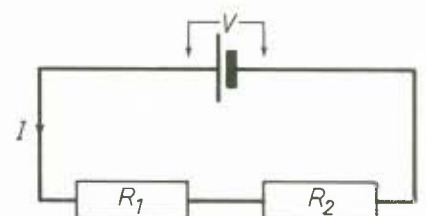
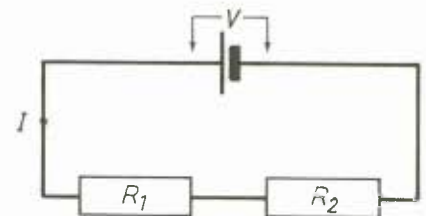
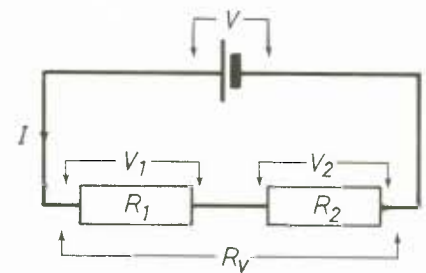
3

Bereken in de schakeling hiernaast weerstand R_2 .

Gegeven is: $V = 12 \text{ V}$; $I = 2 \text{ A}$

$$R_1 = 1 \Omega.$$

Berekening:



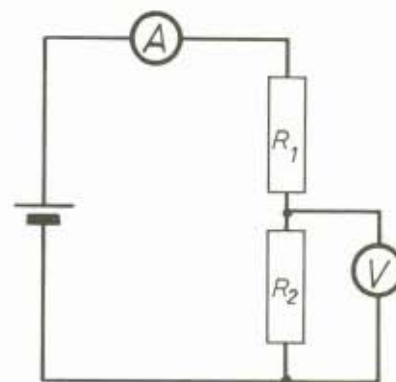
4

In de schakeling hiernaast wijst de ampèremeter 2 A aan. De voltmeter meet een spanning van 3 V.

a. Hoe groot is R_2 ?

R_1 heeft een weerstand van 12

b. Hoe groot is de spanning die de bron levert?



De parallelschakeling

Weer gaan 30 leerlingen voor „stroom” spelen.

Weer gaan 6 andere leerlingen voor weerstandje spelen.

Deze 6 gaan nu **niet achter elkaar** maar **naast elkaar** als bok staan.

De 30 leerlingen kunnen zich nu dus verdelen over de 6 bokken.

Vraag 5

Zullen ze de bokken nu sneller of langzamer passeren dan bij de serieschakeling?

Bij een elektrische stroom kom je precies hetzelfde tegen.

Hoe meer weerstanden je parallel aan elkaar zet, des te gemakkelijker passeren de ladingen. De ladingen verdelen zich nu over de weerstanden.

Ze kunnen kiezen uit verschillende wegen om terug te lopen naar de spanningsbron.

We zetten de eigenschappen van parallelschakeling op een rij. Kijk ook naar de tekening hiernaast.

1. De spanning over R_1 is gelijk aan de spanning over R_2 .

2. $I = I_1 + I_2$.

3. $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Een voorbeeld:

In de schakeling hiernaast is gegeven:

$V = 12 \text{ V}$; $I = 1 \text{ A}$.

a. Bereken R_v

Oplossing:

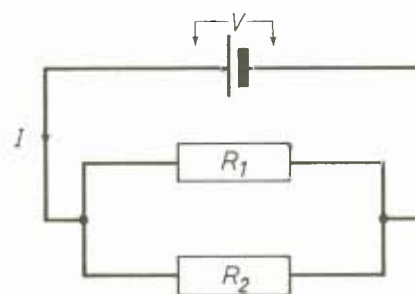
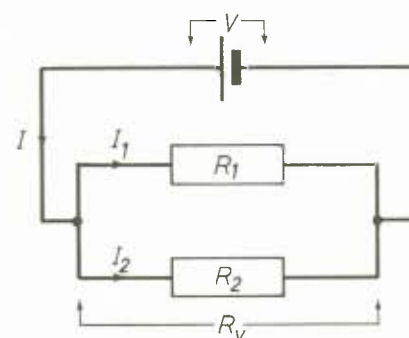
Uit V en I kun je R_v berekenen.

$$\left. \begin{array}{l} V = 12 \text{ V} \\ I = 1 \text{ A} \end{array} \right\} \Rightarrow R_v = \frac{12 \Omega}{1} = 12 \Omega.$$

b. Bereken R_2 als gegeven is dat $R_1 = 24 \Omega$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Je weet: } \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_v = 12 \Omega \\ R_1 = 24 \Omega \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{24} + \frac{1}{R_2} \quad \text{Dus:}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{12} - \frac{1}{24} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} \quad \text{en } R_2 = 24 \Omega.$$



Met de rekenmachine gaat het als volgt:

$$12 \left[\frac{1}{x} \right] - 24 \left[\frac{1}{x} \right] = \left[\frac{1}{x} \right] = 24 \Omega$$

(in de hokjes staan de toetsen).

Opgaven

6

In de schakeling hiernaast is gegeven:

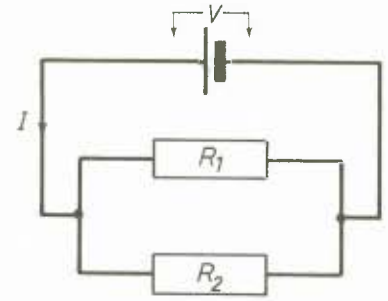
$$V = 24 \text{ V}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$R_1 = 18 \Omega$$

a. Bereken R_v .

b. Bereken R_2



7

In de schakeling hiernaast is gegeven:

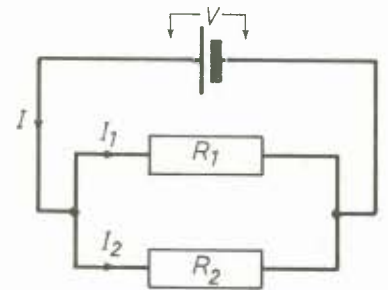
$$V = 6 \text{ V}$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 10 \Omega$$

a. Bereken R_v

b. Bereken I , I_1 , en I_2 .



Blok 12 Antwoordblad

H 1 De wet van Ohm

Schakeling om de weerstand te bepalen:

Opgave 1.

$$R = \frac{15}{3} \Omega = 5 \Omega$$

$$I = \frac{10}{2} \text{ A} = 5 \text{ A}$$

$$R = \frac{200}{4} \Omega = 50 \Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} d. V = 220 \text{ V} \\ I = 8 \text{ mA} = 0,008 \text{ A} \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{220}{0,008} \Omega = 275.000 \Omega$$

Opgave 2.

$$I = \frac{220}{1100} = 0,2 \text{ A}$$

Opgave 3.

a. Bij $V = 70 \text{ V}$ vind je in de grafiek een stroomsterkte $I = 6 \text{ A}$.

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

$$R = \frac{70}{6} \Omega = 11,7 \Omega$$

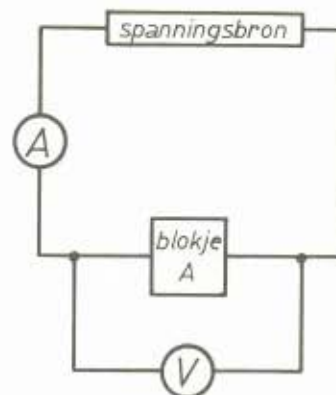
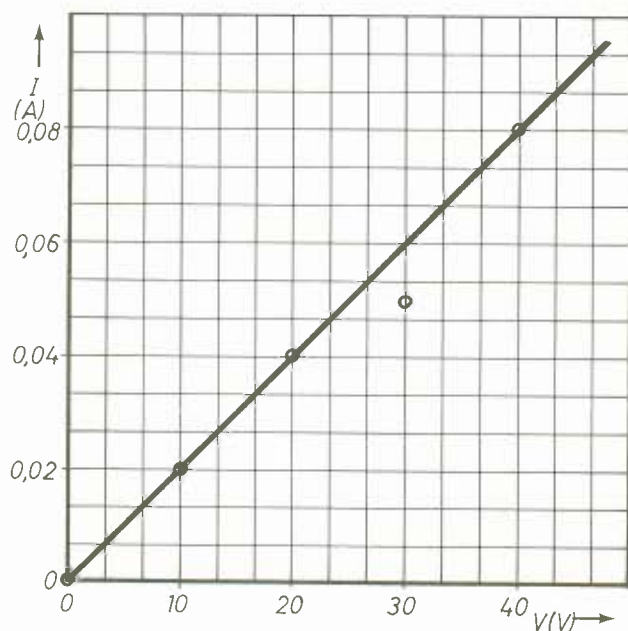
b. Als je de weerstand berekent met waarden uit de tabel, loop je de kans dat je net meetwaarden neemt die niet helemaal juist zijn (onnauwkeurig).

De getekende grafiek ontstaat met behulp van 5 verschillende metingen.

De kans dat daar een fout in zit is kleiner.

Opgave 4.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{0,02} \Omega = 500 \Omega$$



H 2 Serie- en parallelschakeling van weerstanden

1

Het is moeilijker want ze moeten meer hindernissen nemen.

2

Het wordt nog moeilijker want er zijn weer 6 hindernissen bijgekomen.

3

Eerst bereken je R_v .

$$\left. \begin{array}{l} I = 2A \\ V = 12 V \end{array} \right\} \Rightarrow R_v = \frac{12}{2} \Omega = 6 \Omega.$$

Je weet $R_v = R_1 + R_2$ dus

$$6 \Omega = 1 \Omega + R_2 \Rightarrow R_2 = 5 \Omega.$$

4

$$\text{a. } \left. \begin{array}{l} V = 3V \\ I = 2A \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{3}{2} \Omega = 1,5 \Omega.$$

b. Voor serieschakeling geldt:

$$V = V_1 + V_2.$$

De spanning over R_2 is 3 V. We moeten de spanning over R_1 dus berekenen.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Je weet } I = 2A \\ R_1 = 12 \Omega \end{array} \right\} \Rightarrow V = I \cdot R = 2 \cdot 12 V = 24 V.$$

$$\text{Dus } V = 3 V + 24 V = 27 V$$

5

Het wordt makkelijk voor de leerlingen. Ze hebben meer wegen waar ze langs kunnen.

6

$$\text{a. } \left. \begin{array}{l} V = 24 V \end{array} \right\} \Rightarrow R_v = \frac{24}{2} \Omega = 12 \Omega.$$

$$\text{b. } \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{18} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{36} \Rightarrow R_2 = 36 \Omega.$$

7

$$\text{a. } \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_v} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} \Rightarrow R_v = 5 \Omega.$$

$$\text{b. } \left. \begin{array}{l} R_v = 5 \Omega \\ V = 6 V \end{array} \right\} \Rightarrow I = \frac{6}{5} A = 1,2 A$$

Omdat $R_1 = R_2$ gaat er door elke tak 0,6 A.

Je kunt I_1 ook berekenen.

$$\left. \begin{array}{l} V = 6 V \\ R = 10 \Omega \end{array} \right\} \Rightarrow I = \frac{6}{10} A = 0,6 A$$

86. Veiligheid bij elektriciteit

Elektriciteit is een erg bruikbare vorm van energie. Maar er zijn ook gevaren aan verbonden. In dit blad worden enkele gevaren van het lichtnet genoemd, en er wordt bekeken hoe je de gevaren kunt verkleinen.

A. Warmte-ontwikkeling

Een van de effecten van elektriciteit is warmte-ontwikkeling. Soms kan hiervan nuttig gebruik gemaakt worden. Denk bijvoorbeeld aan een koffieapparaat, elektrische boiler en straalkachel.

Maar dit effect van elektriciteit kan ook brandgevaar opleveren.

Wanneer er veel stroom door de leidingen loopt, kunnen de leidingen warm worden. De isolatie van de leiding kan smelten, waardoor er kortsluiting ontstaat. Daardoor wordt de stroomsterkte nog groter en er treedt nog meer warmte-ontwikkeling op. Zo kan er brand ontstaan.

Een beveiliging hiertegen is de **smeltzekering**. Deze slaat door wanneer de stroomsterkte een bepaalde waarde te boven gaat.

De toepassing van de smeltzekering kom je verderop in dit blad nog tegen.

B. Aanraking van de bedrading

Misschien heb je bij de bovenleiding van een trein of tram, of bij een hoogspanningsmast wel eens de waarschuwing gelezen:

AANRAKEN DER DRADEN LEVENSGEVAARLIJK.

Hoewel de spanning van het lichtnet heel wat lager is, geldt deze waarschuwing ook daar. Er zijn allerlei maatregelen genomen om te voorkomen, dat je met de spanning van het lichtnet in aanraking komt.

Maatregel 1: isolatie

Het belangrijkste en eenvoudigste middel is isolatie. Zoals je misschien weet, bestaat een snoer uit een kern van koperdraad (soms een ander metaal) en een omhulsel van plastic of rubber. Het omhulsel is er om te voorkomen dat je het geleidende koper kunt aanraken. Vandaar dat beschadigingen aan een snoer gevaarlijk zijn. Vooral op de plaats waar het snoer aan de stekker vastzit, kan wel eens iets misgaan.

Daarom zijn er tegenwoordig ook snoeren en verlengsnoeren, waarbij snoer en stekkers tezamen uit één stuk rubber bestaan. Soms kom je ook wel dubbel geïsoleerde apparaten tegen.

Deze apparaten zijn dan extra goed geïsoleerd en mogen ook gebruikt worden in ruimtes, waar maatregel 2 (wordt hierna besproken) niet is genomen.



Maatregel 2: aarden

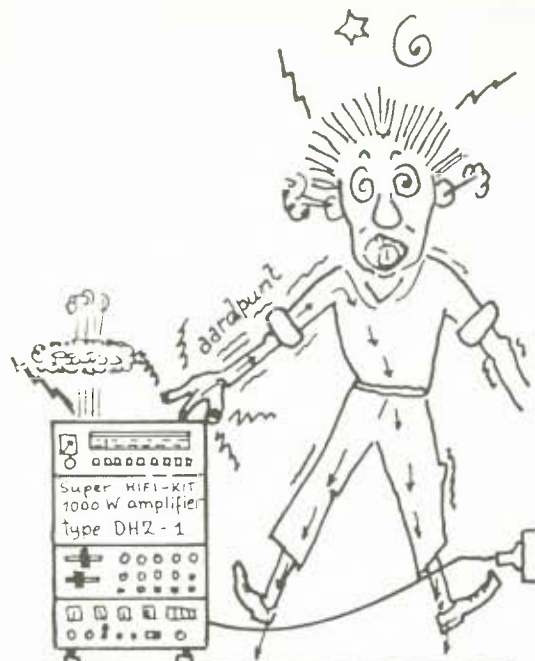
In vochtige ruimtes, bijvoorbeeld de keuken, zijn alle stopkontakten „geaard”. Je ziet hier aan de bovenkant en onderkant (of opzij) van het stopkontakt twee metalen strips.

Deze strips zijn geleidend verbonden met de aarde. Vandaar de naam geaard stopkontakt.

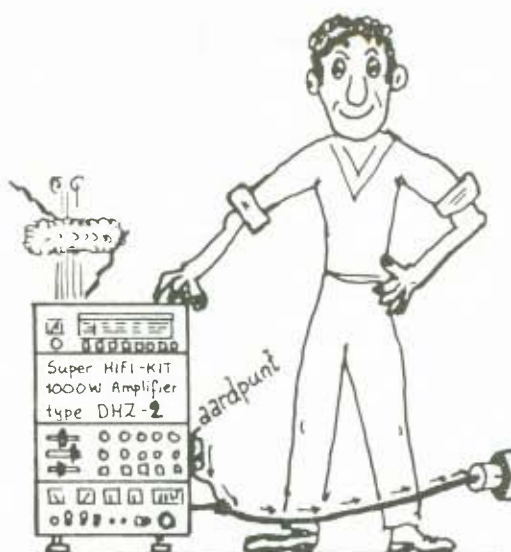
Waarom is zo'n aardverbinding nu zo belangrijk voor de veiligheid? Om dit duidelijk te maken, moet je je de volgende situatie voorstellen. Je staat bijvoorbeeld met natte voeten op een stenen vloer (denk aan badkamer of keuken). Jouw lichaam en de stenen vloer geleiden de stroom behoorlijk goed. Wanneer je nu met je handen een apparaat aanraakt, waarvan de buitenkant onder spanning staat (bijvoorbeeld ontstaan door een defekte isolatie), gaat er stroom door jouw lichaam. Met andere woorden: je krijgt een elektrische schok. Als de buitenkant van het apparaat daarentegen geaard is, kan de elektrische stroom direct naar de aarde wegstromen. De buitenkant is dan door een extra draad verbonden met de strips van het stopkontakt.



Omdat dit direct wegstromen naar de aarde erg gemakkelijk kan verlopen, neemt de stroomsterkte heel snel toe, waardoor de smeltzekering doorslaat.



zonder (rand)aarde



met (rand) aarde

Zodra de smeltzekering doorslaat, staat de buitenkant van het apparaat niet meer onder spanning en dus is er gelegenheid het defect op te sporen. Bij het opsporen van defekten is het dan wel belangrijk te weten, welke afspraak er gemaakt is over de kleuren van de elektriciteitsdraden. Sinds 1 juli 1969 geldt de volgende afspraak:

de nul-draad	BLAUW	(was vroeger rood);
de stroom-draad	BRUIN	(was vroeger groen);
de aard-draad	GROEN-GEEL	(was vroeger grijs);
de schakel-draad	ZWART	(was vroeger al zwart)

Maatregel 3: een aardlekschakelaar

Helaas zijn er situaties waarbij het aarden op foutieve manier gebeurd. Vaak wordt er geaard door een koperbuis meters diep de grond in te slaan. Maar uit de scheikunde weet je wel dat koper op den duur groen uitslaat, als het lang aan vocht wordt bloot gesteld. Het geleidt de stroom dan ook minder goed naar de aarde, waardoor de gevaren binnenshuis worden vergroot.

Een uitkomst voor dit probleem, biedt de aardlekschakelaar.

In deze schakelaar zit een schakeling, die zo slim is gebouwd dat de stroom die een huis ingaat vergeleken wordt met de stroom die het huis verlaat. Als de inkomende en uitgaande stroom niet gelijk is, moet er ergens een „lek” zijn. In dat geval schakelt de aardlekschakelaar zichzelf uit. Dan staat er geen spanning meer op de leidingen.

Als je het „lek” gevonden en gerepareerd hebt, kun je de schakelaar weer inschakelen.

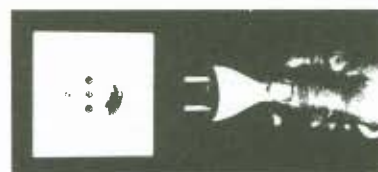
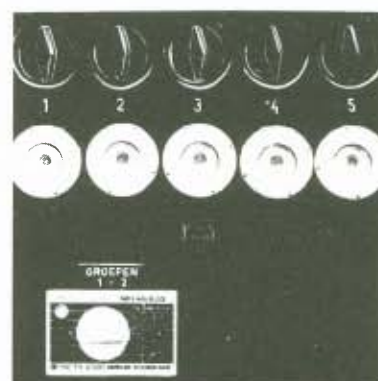
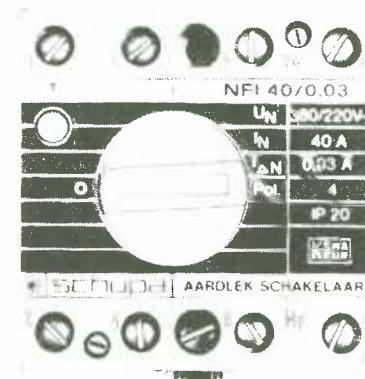
In vele nieuwbouwwoningen wordt tegenwoordig direkt een aardlekschakelaar ingebouwd in de kast waar ook de smeltzekeringen hun plaats hebben.

Maatregel 4: konstruktie van veilige stekkers en stopkontakten

In de vorm van stekkers en stopkontakten zit een bepaald systeem. Een niet geaarde stekker past alleen maar in een niet geaard stopkontakt. Zo kun je nooit het idee hebben dat een apparaat geaard is, alleen maar door een geaard stopkontakt te nemen.

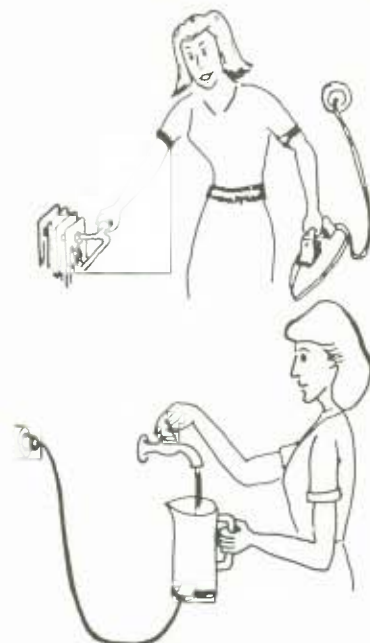
Een geaarde stekker past op alle stopkontakten. Als je dus zo'n stekker gebruikt in een niet geaard stopkontakt, moet je wel bedenken dat je apparaat niet geaard is.

Gevaarlijke situaties kunnen zich voordoen wanneer je bijvoorbeeld een geaarde wasmachine direkt of met een verlengsnoer aansluit op een niet geaard stopkontakt.



Vragen en opdrachten

1. Ga thuis na welke maatregelen er zijn genomen om het gebruik van elektrische energie veilig te laten verlopen.
Let er speciaal op welke maatregelen in welke ruimtes zijn genomen.
2. Dubbelgeïsoleerde toestellen hebben een platte stekker die in alle stopkontakten past. Waarom is dit niet gevaarlijk?
3. Waarom kunnen de situaties, die je hiernaast ziet afgebeeld, zeer gevaarlijk zijn?
4. Bekijk thuis eens de kast waar de smeltzekeringen in zitten. Vaak zijn er 2 of meer smeltzekeringen per woning.
Waarom wordt dit gedaan?
Hoeveel ampère kan er maximaal door de zekeringen bij jou thuis?



88 Zelf spanningsbronnen maken

Inleiding

In blok 10 (T 4) heb je kennis gemaakt met het chemisch effect van elektrische stroom. Met behulp van een scheikundige reactie kunnen we ook stroom opwekken.

In dit blad ga je zelf op die manier een spanningsbron bouwen.

Aan het einde van het blad komen ook de akku en de batterij aan de orde.

1

Een sinaasappel of citroen als spanningsbron.

Je gaat nu een proef doen met o.a. citroensap.

LET OP: citroensap is vooral bij hogere temperatuur, een bijtende vloeistof. Mors dus niets op kleren of huid.

- a. Pers de citroen uit (je kunt ook een sinaasappel nemen). Giet het sap in een reageerbuis en voeg wat magnesiumpoeder toe.
Schrijf op wat je waarneemt? Treedt er een chemische verandering op? Waarom?
- b. Neem nu twee stukjes ijzerdraad en steek die in een citroen of sinaasappel. De draadjes mogen elkaar niet raken. Meet met een gevoelige voltmeter de spanning tussen beide draden.

De spanning is V.

- c. Steek nu een stukje koperdraad en een stukje ijzerdraad in de citroen of sinaasappel. Meet opnieuw de spanning.

De spanning is V.



Citroenzuur-batterij

Konklusie

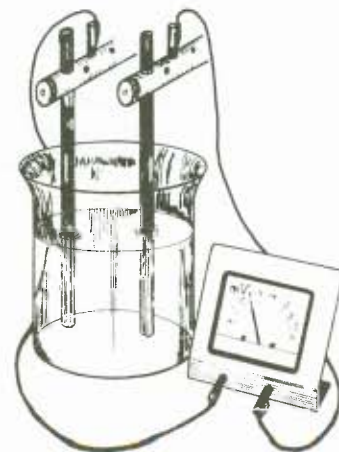
Om chemische energie om te zetten in elektrische energie, is het nodig dat de twee polen van verschillend materiaal zijn gemaakt, zodat ze ook verschillend met de vloeistof reageren.

2

We gaan nu de situatie in de citroen nabootsen.

We nemen een bekglas met vloeistof. Daarin steken we metalen staven: de zogenaamde polen of elektroden. Door telkens andere polen (ander metaal) en een andere vloeistof te nemen kunnen we onderzoeken welke combinatie geschikt is als spanningsbron.

Maak de opstelling uit nevenstaande figuur. Probeer nu zo veel mogelijk paren van polen bij elkaar te krijgen en meet de spanning over de polen als die in respectievelijk water, pekelaan en verdund zwavelzuur zijn geplaatst. Let bij het uitvoeren van de proeven op het volgende:



- Schuur de polen voor elke proef even af met schuurpapier en spoel ze **schoon met gedestilleerd water**. Waarom moet dat?
- Doe de proeven in de volgorde: in water, in pekkel en tenslotte in verdund zwavelzuur.

Vul de tabel op de volgende bladzijde in.

In welke combinatie is de spanning het grootst?

elektroden	gemeten spanning		
	in water	in pekkel	in verdund zwavelzuur
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			

3

Sluit de spanningsbron van proef 2 (gebruik de combinatie die de hoogste spanning levert) aan op een gevoelige ampèremeter in serie met een lampje (1,2 V). Maak de elektroden goed schoon! Schuur ze eventueel nog even!

Noteer hoe lang het lampje brandt en noteer hoe lang de ampèremeter een uitslag geeft.

Vind je je spanningsbron er een die in de praktijk bruikbaar is.

Waarom? Hoe zou je een bron kunnen maken met een hogere spanning?

4

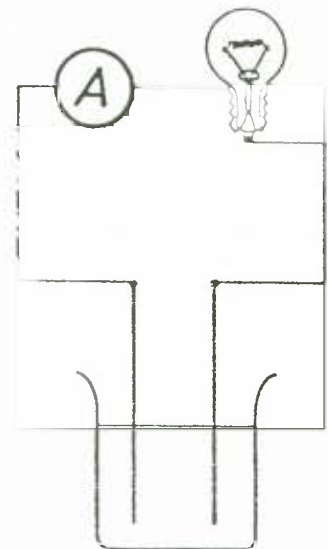
Een 4,5 V batterij en een akku (6 V of 12 V) zijn op hetzelfde principe gebaseerd. Probeer door eigen onderzoek (maak eventueel gebruik van boeken uit de bibliotheek) de volgende vragen te beantwoorden:

- Welke vloeistof gebruikt men in een akku? Welke in een 4,5 V batterij?
- Hoeveel elektroden heeft een 6 V akku? Hoe zijn deze geschakeld? Hoe groot is de spanning over de eerste en de tweede elektrode?
- Van welke materialen zijn de elektroden in een 4,5 V batterij en een akku gemaakt?
- Teken een doorsnede van een 4,5 V batterij en van een akku.
- Welk voordeel heeft een 4,5 V batterij boven een akku?
- Welk voordeel heeft een akku boven een 4,5 V batterij?

5

Ook een appel bezit chemische energie, die kan worden omgezet in elektrische energie.

Als je wilt weten hoe je met deze energie een fluittoon kunt produceren, moet je eens in het tijdschrift Archimedes kijken (14e jaargang, nummer 1). Je kunt deze zogenaamde „appelfluiter” zelf bouwen.



146 Berekeningen in elektrische schakelingen

Inleiding

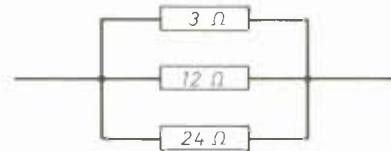
In blok 12 heb je geleerd problemen op te lossen in serie- en parallelschakelingen. Dit blad geeft je de kans lastiger en ook ingewikkelder problemen op te lossen. Bij het blad hoort een antwoordblad, zodat je niet meteen naar je leraar hoeft te gaan met je problemen.

Problemen

Tot nu toe heb je alleen met serie- en parallelschakelingen van 2 weerstanden gewerkt. Je kunt natuurlijk ook meerdere naast elkaar schakelen.

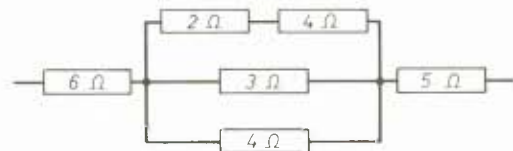
1

Bereken R_v in de situatie hiernaast.



2

Bereken R_v in de situatie hiernaast.



3

Voor 2 weerstanden R_1 en R_2 geldt: $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

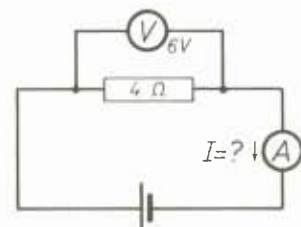
a. Hoe luidt deze formule voor 3 weerstanden?

b. Controleer met de nieuwe formule je antwoord op vraag 1.

Uit de relatie $V = IR$ kun je één grootte berekenen als de beide andere gegeven zijn. In de volgende opgave maak je daar gebruik van.

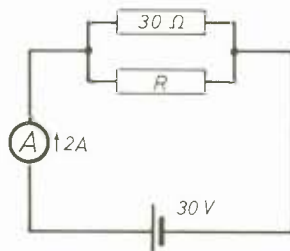
4

Wat geeft de ampèremeter aan?



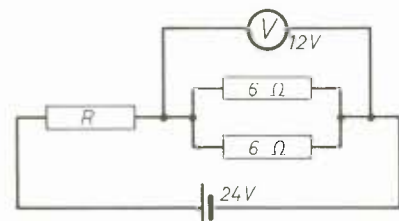
5

Bereken de onbekende weerstand R .
(Eerst R_v berekenen uit V en I !).



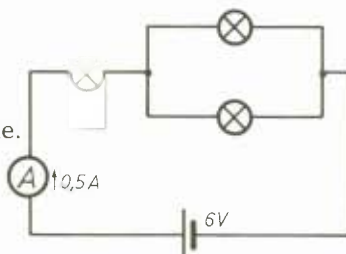
6

Bereken de onbekende weerstand R .
(Bereken eerst de stroom door R).



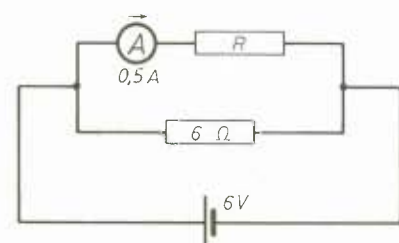
7

In de schakeling zijn alle lampjes hetzelfde.
Bereken de weerstand van een lampje.
(Stel de weerstand = $R \Omega$).



8

Bereken de onbekende weerstand R .



146 Berekeningen in elektrische schakelingen

1

Bereken eerst R_v van $3\ \Omega$ en $12\ \Omega$:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{3} + \frac{1}{12} = \frac{5}{12} \Rightarrow R_v = 2,4\ \Omega$$

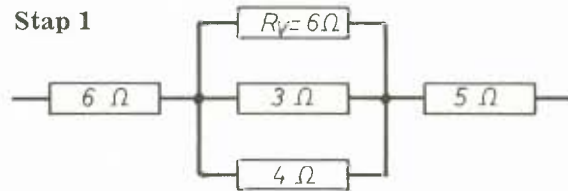
$2,4\ \Omega$ staat parallel aan $24\ \Omega$:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{2,4} + \frac{1}{24} = \frac{11}{24} \Rightarrow R_v = \frac{24}{11} = 2,18\ \Omega$$

2

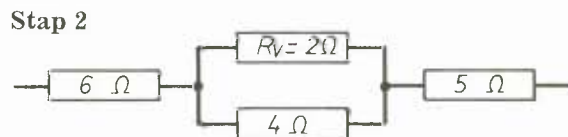
De weerstanden van $2\ \Omega$ en $4\ \Omega$ in één tak van de parallelschakeling leveren samen $6\ \Omega$ op.

Dus:



R_v van $6\ \Omega$ en $3\ \Omega$:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_v = 2\ \Omega$$

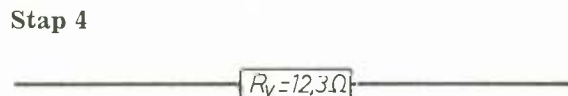


R_v van $2\ \Omega$ en $4\ \Omega$.

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \Rightarrow R_v = 1,3\ \Omega$$



$$R_v = 6\ \Omega + 1,3\ \Omega + 5\ \Omega = 12,3\ \Omega$$



3

a. $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

b. $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{3} + \frac{1}{12} + \frac{1}{24} = \frac{11}{24} \Rightarrow R_v = 2,2\ \Omega$

4

$$V = 6\ \text{V}$$

$$R = 4\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6}{4}\ \text{A} = 1,5\ \text{A}$$

5

$$V = 30\ \text{V}$$

$$I = 2\ \text{A}$$

$$R_v = \frac{30}{2}\ \Omega = 15\ \Omega$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{30} + \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{30} \Rightarrow R = 30\ \Omega$$

6

De parallel geschakelde weerstanden kun je vervangen door:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} \Rightarrow R_v = 3 \Omega$$

Over R_v staat 12 V dus $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{3} A = 4 A$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Dan gaat door } R \text{ ook } 4 A \\ \text{De spanning } V_R = 12 V \end{array} \right\} \Rightarrow R = \frac{12}{4} \Omega = 3 \Omega$$

Je kunt dit probleem ook anders oplossen:

over R staat 12 V en over de parallel geschakelde weerstanden staat 12 V.

Dat betekent dat $R = R_v = 3 \Omega$

7

Stel de weerstand $R \Omega$

dan



$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \quad R_v = \frac{R}{2}$$

Dus de totale weerstand bedraagt: $R + \frac{1}{2}R = 1\frac{1}{2}R$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Nu } I = 0,5 A \\ V = 6 V \end{array} \right\} \Rightarrow 1\frac{1}{2}R = \frac{6 V}{0,5 A} = 12 \Omega \Rightarrow R = \frac{12}{1,5} \Omega = 8 \Omega$$

8

$$\left. \begin{array}{l} I = 0,5 A \\ V = 6 V \end{array} \right\} \Rightarrow 6 = 0,5 \cdot R \Rightarrow R = 12 \Omega$$

