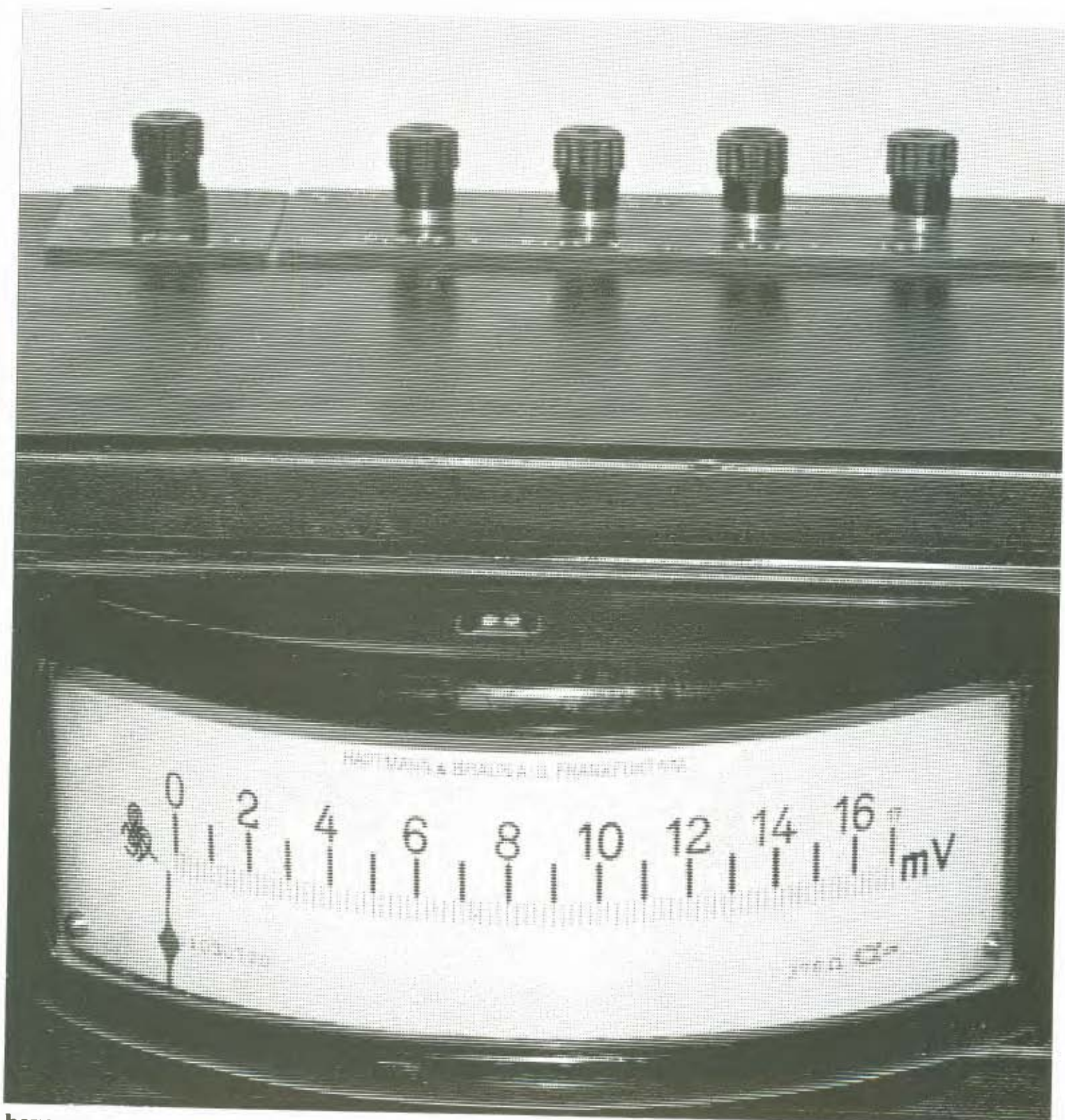


Blok 14 | Een blok vol weerstand



Blok 14 | Een blok vol weerstand

Basisstof

P 2
Weerstand 5
P 3
Weerstand in serieschakelingen 8
T 1
Werken met formules 9
T 2
Weerstand 10
T 3
Weerstand in serieschakelingen 11
W 1
Werken met formules 12
W 2
Weerstand 12
W 3
Weerstand in serieschakelingen 13

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken, is:

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

Herhaalstof

H1
Weerstand 14
H2
Berekeningen in elektrische schakelingen 15
H1
Antwoordblad 17
H2
Antwoordblad 17

Extra stof

115
De diode 18
116
Vervangingsweerstand bij een parallelschakeling 21
117
Soortelijke weerstand 24

Bij dit blok kun je verder de volgende extra stofbladen doen:

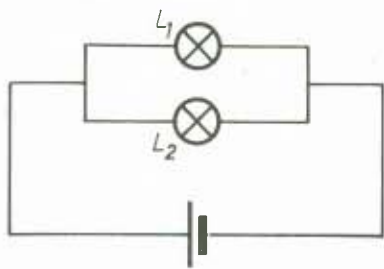
118
Meters in elektrische schakelingen.
119
Rendement van een motor.
120
Een merkwaardige thermometer.
121
Spanningsdeler.

Wat je moet kunnen aan het einde van blok 14

1	Je moet weten dat in de natuurkunde een formule een verkorte schrijfwijze is van een wet.	Te vinden in:
	De grootheden in de formule worden afgekort met een letter.	T 1
2	Je moet in formulevorm de relaties kennen tussen:	T 1, W 1
	<i>a</i> hoeveelheid lading (Q), stroomsterkte (I) en tijdsduur (t);	
	<i>b</i> vermogen (P), spanning (V) en stroomsterkte (I);	
	<i>c</i> dichtheid (ρ), massa (m) en volume (V);	
	<i>d</i> afstand (s), konstante snelheid (v) en tijdsduur (t).	
3	Je moet elke formule uit leerdoel 2 op drie manieren kunnen opschrijven.	T 1, W 1.
4	Je moet met elke formule uit leerdoel 2 een berekening kunnen uitvoeren.	W 1
5	Je moet twee voordelen van het gebruik van formules kunnen noemen.	T 1
6	Je moet twee gevaren kunnen aangeven, die bij het gebruik van formules naar voren komen.	T 1
7	Je moet de stroomsterkte door een draad/een lampje kunnen meten.	P 2
8	Je moet de spanning over een draad/een lampje kunnen meten.	P 2
9	Je moet weten hoe het V-I diagram van een konstantaandraad/een lampje eruit ziet.	P 2
10	Je moet weten hoe de grootte van de weerstand is gedefinieerd.	P 2, T 2
11	Je moet uit het V-I diagram van een konstantaandraad de grootte van de weerstand kunnen berekenen.	P 2
12	Je moet uit het V-I diagram van een lampje de grootte van de weerstand kunnen berekenen bij een bepaalde spanning of stroomsterkte.	P 2
13	Je moet de relatie tussen de spanning over en de stroomsterkte door een draad kennen.	P 2, T 2
14	Je moet het symbool en de eenheid van weerstand kennen.	P 2, T 2
15	Je moet weten dat de weerstand van een draad afhangt van het materiaal waaruit de draad is gemaakt.	P 2
16	Je moet weten dat de weerstand van een draad afhangt van de lengte van de draad.	P 2
17	Je moet weten dat een draad bij een andere temperatuur een andere weerstand heeft.	P 2
18	Je moet de wet van Ohm in woorden kunnen opschrijven.	T 2
19	Je moet de wet van Ohm op drie manieren in formulevorm kunnen opschrijven.	W 2
20	Je moet opgaven kunnen maken, zoals in W2 opgaven 4 t/m 10.	W 2
21	Je moet weten hoe je in een serieschakeling de totale weerstand kunt berekenen, als je de afzonderlijke weerstanden kent.	P 3, T 3
22	Je moet met behulp van de wet van Ohm kunnen laten zien dat je in een serieschakeling de weerstanden mag optellen.	T 3
23	Je moet opgaven kunnen maken, zoals in W3 opgaven 1 t/m 4.	W 3

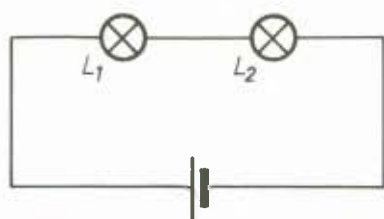
Weerstand

1 In blok 10 hebben we kennis gemaakt met het begrip weerstand.



Als 2 lampjes L_1 en L_2 parallel zijn geschakeld, is de spanning over L_1 even groot als de spanning over L_2 . Wanneer L_1 en L_2 verschillende lampjes zijn dan is de stroomsterkte door de lampen niet even groot. Is de stroomsterkte door L_1 kleiner dan door L_2 , dan passeren in dezelfde tijd **minder** coulombs L_1 dan L_2 . We zeggen dat de weerstand van L_1 groter is dan van L_2 .

Als de 2 lampen L_1 en L_2 in serie geschakeld zijn, is de stroomsterkte door beide lampen gelijk. De spanning over L_1



is groter dan over L_2 . In L_1 raakt dus één coulomb lading meer energie kwijt dan in L_2 . We zeggen weer, dat de weerstand van L_1 groter is dan die van L_2 .

Als we weten dat de stroomsterkte door 2 lampen gelijk is, dan kunnen we door het meten van de spanning beredeneren, welke lamp de grootste weerstand heeft. Dat geldt ook als de spanningen gelijk zijn en we meten de stroomsterkte. Maar hoe kunnen we de weerstanden van 2 lampen in de volgende situatie vergelijken?

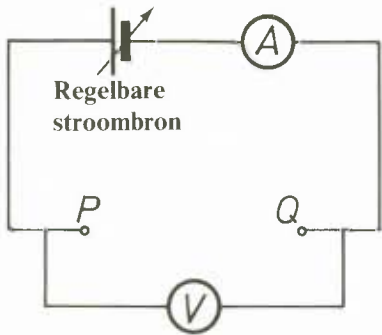
We weten dat voor L_1 geldt: de spanning over L_1 is 9 V en de stroomsterkte door L_1 is 3 A.
We weten dat voor L_2 geldt: de spanning over L_2 is 2 V en de stroomsterkte is 0,5 A.
Welke lamp (of preciezer: welke van de 2 gloeidraden in beide lampen) heeft de grootste weerstand?

We kunnen deze vraag nog niet beantwoorden, want \hat{e} n de stroomsterkte \hat{e} n de spanning zijn verschillend voor beide gloeidraden.
Maar we kunnen de stroomsterkte door lampje L_1 verlagen van 3 A tot 0,5 A. Dan zijn de stroomsterktes door de lampen gelijk en kunnen we ze vergelijken. We moeten dan wel weten hoe de spanning over lampje L_1 veranderd is. We moeten dus weten hoe de spanning verandert als we de stroomsterkte veranderen.
Of:

Wat is het verband tussen spanning en stroomsterkte?

Dat gaan we in onderdeel 2 uitzoeken.

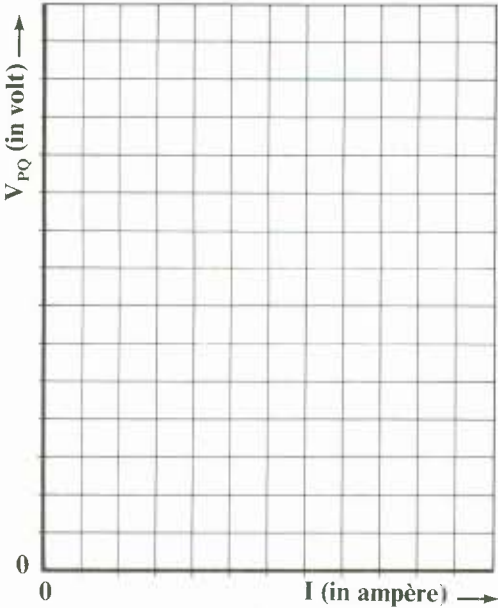
2 We nemen 2 konstantaandraden die even dik maar niet even lang zijn. Waarom we nu geen lampjes nemen zal je aan het eind van P2 duidelijk worden.
Maak een schakeling volgens het schema dat hieronder getekend is. Verbindt P en Q met één van de draden (draad 1). Stel de stroomsterkte in, volgens de tabel



hieronder en lees de spanning over PQ af (V_{PQ}). Noteer de gemeten spanningen in de tabel.
Vervang nu draad 1 door draad 2 en herhaal de proef. Vul de tabel weer in.

I in ampère	V_{PQ} draad 1	V_{PQ} draad 2
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		

Zet voor beide draden de gemeten waarden uit in één V-I-diagram. We gaan uit het diagram aflezen welke draad de



grootste weerstand heeft. Kies bijvoorbeeld een stroomsterkte van 0,25 A. Geef in het diagram duidelijk aan welke spanningen over draad 1 en draad 2 bij die stroomsterkte horen. Welke draad heeft dus de grootste weerstand?

Want

We kunnen uit het diagram verder aflezen dat er blijkbaar een eenvoudig verband bestaat tussen stroomsterkte en spanning.

Uit het diagram volgt dat stroomsterkte door en spanning over de draad rechtevenredig zijn.

Waarom kun je dat zien?

Hieruit volgt dat als de stroomsterkte 2 x zo groot wordt, de spanning

3 We hebben voor de draden een verband tussen stroomsterkte en spanning gevonden. Hiermee kunnen we onze vraag uit onderdeel 1 van deze paragraaf beantwoorden.
Die vraag luidde: hoe kunnen we de weerstanden van 2 of meer draden vergelijken als we de spanning en stroomsterkte kennen?
Aan de hand van het volgende voorbeeld wordt duidelijk hoe we de vraag kunnen beantwoorden.

	I		V	
L ₁	3	A	9	V
L ₂	0,5	A	2	V
L ₃	0,35	A	1,75	V

Voorbeeld: We nemen 3 lampen L₁, L₂ en L₃. Je kunt I en V in de tabel hierboven aflezen.

Neem aan, dat de gloeidraden in de lampen zich net zo gedragen als de konstantaandraden uit onderdeel 2.

Voor L₂ was I = 0,5 A en V = 2 V.

Dan geldt als I = 1 A, dat V = _____ V.

Voor L₃ is deze berekening lastiger. Je hebt bij L₁ om 1 A te krijgen de stroomsterkte en dus ook de spanning door 3 gedeeld. Bij L₂ heb je waarschijnlijk met 2 vermenigvuldigd. Maar dat is hetzelfde als **delen** door $\frac{1}{2} = 0,5$.

Als voor L₃ geldt I = 0,35 A dan moet je om 1 A te krijgen I delen door _____

Dus voor L₃ geldt als I = 1 A dan wordt V = _____ V.

Van de 3 draden heeft _____ de grootste weerstand.

4

Je hebt in het voorgaande weerstanden met elkaar leren vergelijken. Maar je kunt nu nog geen uitspraak doen over de grootte van de weerstand van een draad. Wel weten we uit het voorgaande, dat als bij gelijke stroomsterkte de spanning groter is, de weerstand ook groter is. Daarom spreken we af:

De grootte van een weerstand van een draad is de spanning (het aantal volt) over de draad bij een stroomsterkte van 1 ampère.

De grootte van de weerstand korten we af met de letter R. Tegen de eenheid van weerstand moet je Ohm zeggen, symbool Ω .

Een draad heeft een weerstand van 1 Ω als de spanning over de draad 1 V is, bij een stroomsterkte van 1 A.

Hoe groot zijn de weerstanden van de gloeidraden in L₁, L₂ en L₃, uit onderdeel 3 van P 2?

Draad 1			Draad 2	
I (A)	V (V)	R (Ω)	V (V)	R (Ω)
0,15				
0,25				
0,35				
0,45				

In onderdeel 2 van deze paragraaf heb je een diagram getekend. In de bovenstaande tabel zijn een aantal waarden van I gegeven. Lees de bijbehorende waarden van V uit het diagram af en bereken R.

Uit de tabel hierboven kunnen we twee konklusies trekken:

1 De weerstand hangt af van de draad, niet van de stroomsterkte.

2 Neem je een andere draad, dan heeft hij een andere weerstand. Weerstand is een eigenschap van de draad.

Is de spanning een eigenschap van de draad?

En de stroomsterkte?

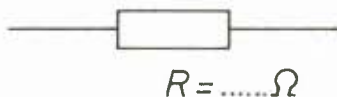
5

Uit het voorafgaande volgt, dat je de weerstand kunt bepalen door de spanning per 1 A stroomsterkte te berekenen. De berekening die je hierbij uitvoert is:

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

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

Symbool voor weerstand:



$$R = \frac{V}{I} \text{ kan ook geschreven worden als } V =$$

en I = _____

Eigenlijk staat in $\frac{V}{I} = R$ niets anders

dan dat V en I rechtevenredig zijn.

Immers we hebben gezien dat weerstand niet afhangt van de stroomsterkte (en dus ook spanning) maar alleen van de draad.

Dus:

voor een draad geldt $\frac{V}{I}$ is konstant en die konstante noemen we weerstand.

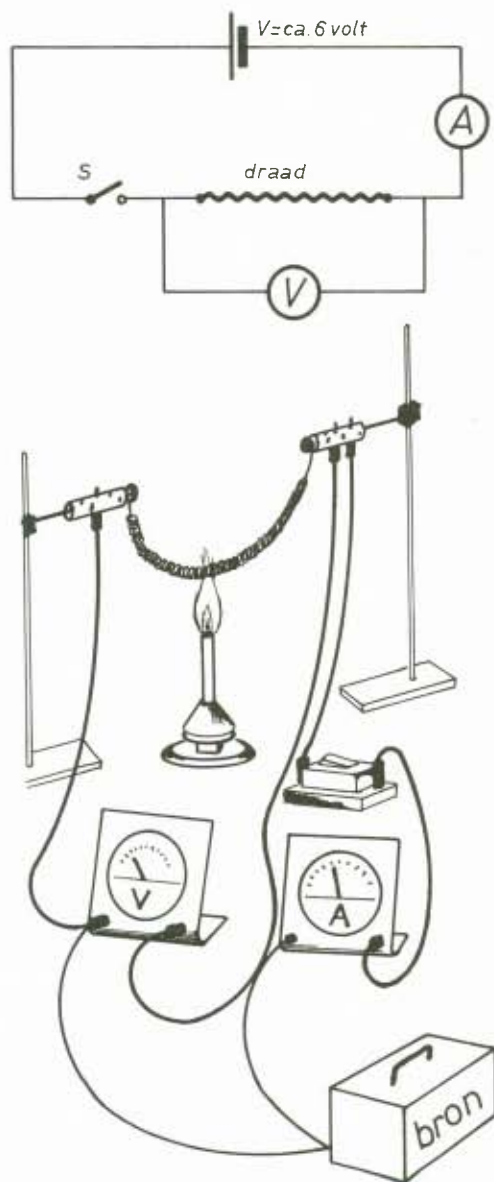
6

In het voorafgaande is gebleken dat de weerstand van een draad een eigenschap is van de draad zelf: welke spanning je ook gebruikte, altijd hoorde daar een stroomsterkte bij, die wanneer je hem op de goede manier met de spanning combineerde (V/I) dezelfde weerstand opleverde. Wil dat ook zeggen, dat de eigenschap weerstand van een draad niet kan veranderen? Om dat te onderzoeken ga je de volgende proef uitvoeren.

a Maak van ongeveer 1 meter ijzerdraad een spiraal door de draad om een potlood te winden en de spiraal er daarna voorzichtig af te schuiven. Maak nu een serieschakeling van een spanningsbron, een ampèremeter, de spiraal en een schakelaar.

Neem in je schakeling nu ook een voltmeter op, waarmee je de spanning over de spiraal kunt meten.

Neem een spanningsbron die ongeveer 6 V levert.



Noteer de spanning over en de stroomsterkte door de spiraal:

$V =$ _____ V ; $I =$ _____ A .

Verwarm nu de spiraal voorzichtig met een gasbrander.

Noteer weer de spanning en de stroomsterkte.

$V =$ _____ V ; $I =$ _____ A .

Bereken de weerstand voor en na verwarmen.

$R_{\text{voor}} =$ _____ Ω ; $R_{\text{na}} =$ _____ Ω

Wat beïnvloedt de weerstand van de draad?

b Herhaal de proef maar neem nu konstantaandraad in plaats van ijzerdraad.

Voor verwarmen: $V =$ _____ V ;

$I =$ _____ A dus $R =$ _____ Ω .

Na verwarmen: $V =$ _____ V ;

$I =$ _____ A dus $R =$ _____ Ω .

7

Maak een serie-schakeling van de volgende onderdelen: een regelbare spanningsbron, een ampèremeter, een schakelaar en een autolampje. Neem in je schakeling een voltmeter op, die de spanning over het lampje meet.

Verhoog de spanning over het lampje in stapjes van 1 volt (vanaf 0 volt) totdat de op het lampje vermelde waarde is bereikt. Noteer telkens de bijbehorende stroomsterkte.

— Maak een grafiek van de spanning over en de stroomsterkte door het lampje (V in volt vertikaal, I in ampère horizontaal).

— Geef de grafiek een rechtevenredig verband tussen stroomsterkte en spanning weer? Waarom?

— Wat gebeurt er met de weerstand van de gloeidraad van het lampje tijdens de proef? Hoe kun je dat aan de grafiek zien?

— Probeer te verklaren waarom de weerstand van de gloeidraad verandert.

— Verklaar waarom we in onderdeel 2 van deze paragraaf in plaats van een lamp een konstantaandraad genomen hebben?

Weerstand in serie schakelingen

In deze paragraaf ga je onderzoeken wat de totale weerstand in een serieschakeling is.

1

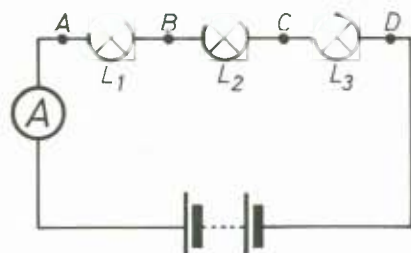
Als op een lampje staat (6 V; 0,5 A) dan betekent dit, dat de spanning over het lampje 6 V mag zijn en dat bij die spanning de stroomsterkte 0,5 A is. Wat is de weerstand van het lampje?

Je schakelt nu 2 van deze lampjes in serie. Op welke spanning moet je ze aansluiten om ze goed te laten branden?

Wat is de totale weerstand van de in serie geschakelde lampjes?

2

Neem 3 lampjes L_1 , L_2 en L_3 (ze mogen niet allemaal hetzelfde zijn) en bouw de hieronder getekende schakeling.



a Bepaal de weerstand van elk lampje afzonderlijk terwijl ze in de schakeling zitten. Gebruik de tabel.

Tabel 1

	R
L_1	
L_2	
L_3	

b Voorspel wat de weerstand is van het gedeelte tussen A en C.
Voorspel wat de weerstand is van het gedeelte tussen B en D.
Voorspel wat de weerstand is van het gedeelte tussen A en D.

Vul je voorspellingen in in tabel 2.

c Controleer je voorspellingen door te meten.

Tabel 2

Voorspelling R	Gemeten R
AC	
BD	
AD	

Uit proef 2 kun je conkluderen: de weerstand tussen A en D is gelijk aan de som van de weerstanden tussen (A en B), (B en C) en (C en D).

Klopt je berekening van opdracht 1 met deze konklusie?

Zo niet: spoor je fout op!

3

Je hebt draad van 1 m lengte en 8Ω weerstand. Wat is de weerstand van hetzelfde draad als het een lengte van 2 m heeft?

4

Opdracht: maak met behulp van een stuk draad een weerstand van 8Ω . Je hebt de beschikking over een aantal batterijen (of een regelbare spanningsbron), een voltmeter, een ampèremeter, een schakelaar en draad. Laat het resultaat aan je leraar zien.

Werken met formules

In dit blok zullen formules een belangrijke rol spelen. Je zult zien wat het voordeel van het gebruik van formules is bij berekeningen. Maar ook wetten in de natuurkunde worden vaak in formulevorm geschreven. De formule is dan de verkorte schrijfwijze van de wet.

Waarschijnlijk heb je bij wiskunde al eens geleerd, dat je berekeningen, die steeds op dezelfde manier verlopen, met een formule kunt weergeven. Een voorbeeld is het berekenen van de oppervlakte van rechthoeken. Hierbij vermenigvuldig je steeds de lengte met de breedte (oppervlakte = lengte \times breedte). Als je nu oppervlakte afkort met de letter A, lengte met l en breedte met b, kun je ook schrijven: $A = l \cdot b$. Dit noemen we een formule. In formules korten we de grootheden altijd af met letters.

Zo kun je ook formules maken die betrekking hebben op de natuurkundestof van dit jaar.

Een voorbeeld is het berekenen van de hoeveelheid lading, die gedurende een bepaalde tijd door een lamp gaat, als je de stroomsterkte door die lamp kent.

Voorbeeld: hoeveel lading passeert een lamp in 8 s bij een stroomsterkte van 1,5 A?

We deden dat zo: 1,5 A betekent:

in 1 s passeert er 1,5 coulomb;

in 8 s passeert dus $8 \times 1,5 = 12$ coulomb.

Blijkbaar moet je om de lading te vinden de stroomsterkte vermenigvuldigen met de tijdsduur. Dit kun je verkort in formulevorm schrijven als:

$$Q = I \cdot t \quad ; \quad \text{lading is stroomsterkte maal tijd}$$

Daarbij is:

Q de hoeveelheid lading,

I de stroomsterkte en

t de tijdsduur.

Een ander voorbeeld ontleen we aan blok 10. Daar heb je geleerd, dat je het vermogen van bijvoorbeeld een lamp kunt bepalen uit de stroomsterkte door en de spanning over de lamp.

Een voorbeeld: hoe groot is het vermogen van een lamp waar 3 A doorgaat bij een spanning van 12 V?

We konden dat als volgt beredeneren:

Het vermogen is de energie (aantal joule) die in 1 s wordt omgezet in de lamp.

3 A betekent: er passeert in 1 s een lading van 3 coulomb.

12 V betekent: elke coulomb geeft 12 joule energie af.

Dus in 1 s geven de 3 C samen $3 \times 12 = 36$ J energie af.

Het vermogen is dan 36 J per s ofwel 36 watt.

Je vindt het vermogen dus door het aantal joule per coulomb (de spanning) te vermenigvuldigen met het aantal coulomb per seconde (de stroomsterkte). Als we het vermogen afkorten door P, de stroomsterkte door I en de spanning door V, vinden we de volgende formule:

$$P = V \cdot I \quad ; \quad \text{vermogen is spanning maal stroomsterkte}$$

Een groot voordeel van een formule is, dat je veel sneller een antwoord vindt dan bij een redenering, vooral bij lastige getallen. Een tweede voordeel ontstaat doordat een formule een relatie (een verband) geeft tussen een aantal grootheden. Je kunt dan de waarde van één grootheid berekenen, als je van de andere grootheden de waarden kent. Zo kun je de stroomsterkte vinden als je het vermogen en de spanning kent. Het gemakkelijkste is het dan de formule zo te schrijven dat de onbekende grootheid alleen aan één kant van het = teken staat. Bijvoorbeeld:

$$P = V \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{V} \quad \text{of} \quad P = V \cdot I \Rightarrow V = \frac{P}{I}$$

Aan het gebruik van formules zijn ook gevaren verbonden.

Ten eerste worden in een formule bij de grootheden nooit de eenheden gezet. Je moet dus weten welke eenheden je moet gebruiken. Dit houdt in, dat je niet alleen een formule moet **onthouden**, maar ook moet **begrijpen**.

Als je $Q = I \cdot t$ gebruikt en je weet dat stroomsterkte het aantal coulomb per s is, dan zul je voor I het aantal ampères en voor t het aantal s invullen en niet het aantal mA en het aantal min.!

Een tweede probleem is, dat een formule niet altijd behoeft te gelden voor alle waarden van de grootheden die erin voorkomen. Je moet dus eigenlijk bij gebruik van een formule eerst weten welke waarden je wel of niet mag invullen (m.a.w. wat het domein is van de grootheden).

Een voorbeeld hiervan ken je uit de 2e klas. Toen bleek dat bij een veer de kracht rechtevenredig was met de uitrekking, of te wel het quotiënt van

kracht en uitrekking is konstant (in formule $\frac{F}{u} = k$).

Maar dit geldt alleen, als je de veer niet zover uitrekt, dat hij overbelast wordt.

Blok 14 | Theorie 2

Weerstand

Wanneer we 2 lampen parallel schakelen dan is de spanning over die lampen even groot. Als de lampen verschillen dan is de stroomsterkte door die lampen verschillend. De lamp waar de kleinste stroom doorgaat heeft de grootste weerstand (de stroom gaat er moeilijk doorheen).

Wanneer 2 lampen in serie staan is de stroomsterkte door beide lampen evengroot. Als de lampen verschillen dan is de spanning over de lampen verschillend. De lamp waar de grootste spanning over staat heeft de grootste weerstand. (De lading geeft er de meeste energie af om er doorheen te komen.)

Maar hoe zit het nu bijvoorbeeld met 2 lampen L_1 en L_2 waarvoor geldt:

L_1 : $I = 2 \text{ A}$; $V = 5 \text{ V}$.

L_2 : $I = 6 \text{ A}$; $V = 14 \text{ V}$.

Die kunnen we niet vergelijken want spanning en stroomsterkte verschillen. Om ze toch te kunnen vergelijken moeten we bijvoorbeeld van L_2 weten: hoe groot zijn spanning is bij 2 A. Maar daartoe moeten we de relatie tussen V en I onderzoeken. In P 2 hebben we die relatie onderzocht en vonden:

De stroomsterkte door en de spanning over een draad zijn rechtevenredig.

Met die kennis kunnen we L_1 en L_2 vergelijken. Maak I voor L_2 $3 \times$ zo klein. Dan moet V ook $3 \times$ zo klein worden (ze zijn rechtevenredig).

Dus $V = \frac{14}{3} \text{ V} = 4,7 \text{ V}$

Maar dan L_1 : $I = 2 \text{ A}$; $V = 5 \text{ V}$.

L_2 : $I = 2 \text{ A}$; $V = 4,7 \text{ V}$.

En we zien dat L_1 de grootste weerstand heeft.

Om niet altijd de woorden groter en kleiner te hoeven gebruiken, willen we de weerstand uitdrukken in een getal. We spreken af:

De grootte van de weerstand van een draad is de spanning (het aantal volt) over de draad bij een stroomsterkte van 1 ampère.

Als symbool voor weerstand gebruiken we: R .

Als eenheid van weerstand hebben we de Ohm: Ω .

Een draad heeft een weerstand van 1Ω als de spanning over de draad 1 V is en de stroomsterkte door de draad 1 A bedraagt.

Om de weerstand van bijvoorbeeld een lamp te vinden, moeten we de spanning delen door stroomsterkte.

Voorbeeld: $V = 3 \text{ V}$; $I = 2 \text{ A}$ dan $R = \frac{3\text{V}}{2\text{A}} = 1,5 \Omega$.

Dus:

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

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

Omdat er tussen V en I een rechtevenredig verband bestaat, kun je zeggen:
uit $V = 3 \text{ V}$ en $I = 2 \text{ A}$ volgt: Als ik I $2 \times$ zo klein maak, wordt V $2 \times$ zo klein
en dus $V = 1,5 \text{ V}$ als $I = 1 \text{ A}$. Daaruit volgt: $R = 1,5 \Omega$.

Je mag $R = \frac{V}{I}$ dus alleen maar toepassen als V en I rechtevenredig zijn.

Is dat altijd zo?

In P2 heb je gezien dat bij verhitten van een ijzerdraad de weerstand groter wordt. Ook zag je dat een fel brandend lampje een grotere weerstand heeft dan wanneer dat lampje minder fel brandt.

Maar is V dan niet rechtevenredig met I ?

Doordat we het ijzerdraad verhitten verandert de temperatuur van de draad. Een fel brandend lampje is warmer dan wanneer dat lampje minder fel brandt. De weerstand verandert dus met de temperatuur. Maar als je tijdens de proef de temperatuur konstant gehouden had, zou V rechtevenredig met I geweest zijn.

Dus: V is rechtevenredig met I mits de temperatuur konstant blijft.

We kunnen het nog anders zeggen:

Het quotiënt van spanning en stroomsterkte is konstant mits gemeten bij dezelfde temperatuur. Dat quotiënt noemen we de weerstand.

Deze laatste regel noemen we de Wet van Ohm.

Blok 14 | Theorie 3

Weerstand in serieschakelingen

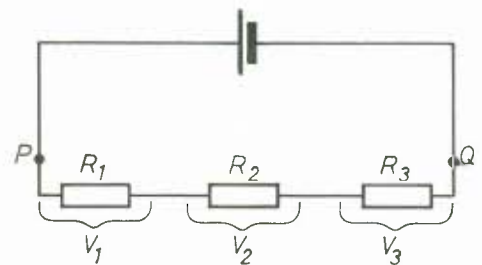
In P3 hebben we gevonden dat:

de totale weerstand van een deel van een schakeling waarin een aantal weerstanden in serie staan, de som is van de afzonderlijke weerstanden.

$$R_{PQ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Kort gezegd: in serieschakelingen mag je de weerstanden optellen.

Maar is dat zo'n vreemd resultaat? Hadden we dat niet kunnen berekenen? (zie tekening).



Je weet $R = \frac{V}{I}$. Dus $R_1 = \frac{V_1}{I_1}$; $R_2 = \frac{V_2}{I_2}$ en $R_3 = \frac{V_3}{I_3}$

Hierin is V_1 , V_2 , V_3 de spanning over resp. R_1 , R_2 en R_3 .

In een serieschakeling is de stroomsterkte overal evengroot dus:

$$I_1 = I_2 = I_3$$

$$\text{Dus } R_1 + R_2 + R_3 = \frac{V_1}{I} + \frac{V_2}{I} + \frac{V_3}{I} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{I}$$

Maar $V_1 + V_2 + V_3 = V_{PQ}$ en dus

$$R_1 + R_2 + R_3 = \frac{V_{PQ}}{I} = R_{PQ}$$

Werken met formules

1

a Stel zelf een formule op voor het be-
rekenen van de dichtheid (ρ) uit de massa
(m) en het volume (V) van een voorwerp.
Bereken hiertoe eerst de dichtheid van
een blokje ijzer dat een massa heeft van
30 g en een volume van 4 cm^3 .

b Hoe zou je bovenstaande formule
herschrijven als je de massa moet
berekenen bij een gegeven dichtheid en
volume?

Doe dit ook voor het geval het volume
gevraagd wordt.

2

a Geef een formule voor het berekenen
van de afstand (s) die je aflegt in de
tijdsduur (t) als je een snelheid (v) hebt.
Bedenk, indien nodig, zelf eerst een
getallen voorbeeld.

b Bereken met je formule de afstand (in
meters) die je aflegt in 80 s bij een
snelheid van 18 km per uur.

3

a Schrijf de formule $P = V \cdot I$ over, maar
zet bij elke grootte de (afkorting van
de) bijbehorende eenheid.

Wat is hiervan het bezwaar?

b Laat zien dat in de formule $P = V \cdot I$
aan beide zijden van het teken dezelfde
eenheid staat. Dat wil zeggen: toon aan
dat $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$.

4

a Vier coulomb lading geeft in een
lamp 3 joule energie af. Wat is de
spanning over de lamp?

b Schrijf een formule die het verband
aangeeft tussen de spanning (V) over,
de lading (Q) dóór en de energie (U)
afgegeven in een lamp.

Weerstand

1

Twee lampen zijn in serie geschakeld met
een spanningsbron. Lamp 1 heeft een
weerstand van 3Ω . Lamp 2 heeft een
weerstand van 5Ω .

a Door welk lampje is de stroomsterkte
het grootst?

b Over welk lampje is de spanning het
grootst?

2

De lampjes 1 en 2 uit vraag 1 worden nu
parallel aangesloten op de
spanningsbron. Door welk van beide
lampjes gaat nu de grootste stroom? En
over welk van beide lampjes staat nu de
hoogste spanning?

3

Van twee draden is een V-I diagram
gegeven. Welk van de twee draden heeft
de grootste weerstand? Leg je antwoord
uit.

4

In nevenstaande schakeling geeft de
ampèremeter een stroomsterkte van 0,5 A
aan en de voltmeter een spanning van
2 V. Over de batterij staat een spanning
van 6 V.

Bereken de weerstanden van de draden.

5

In nevenstaande schakeling geeft A_1 een
stroomsterkte van 0,3 A aan; A_2 meet
0,2 A. Over de batterij staat een spanning
van 6 V.

Bereken de weerstand van beide lampjes.

6

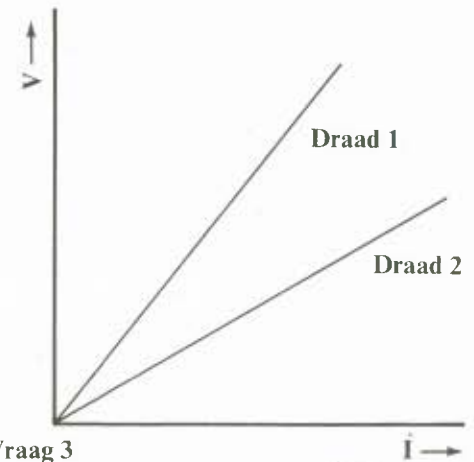
In de schakeling hiernaast zijn een draad
en een lampje in serie geschakeld. De
spanningsbron levert 6 V. Door de keten
stroomt 2 A. De spanning over de draad
is 2 V.

Bereken de weerstand van de lamp en de
draad.

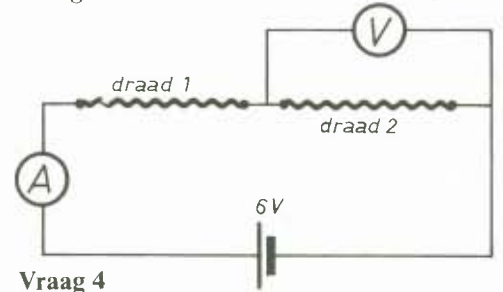
7

In de hiernaast getekende schakeling
geldt, dat de weerstand van de lamp 15Ω
is. De stroomsterkte door de lamp is 0,5
A.

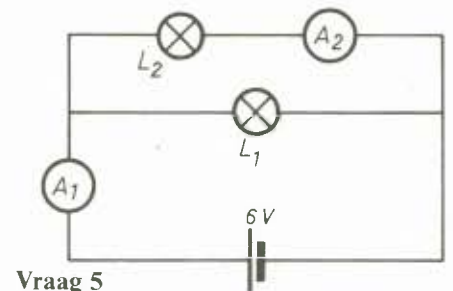
Bereken de spanning die de batterij
levert.



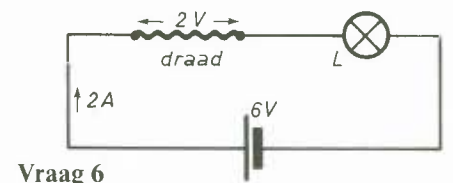
Vraag 3



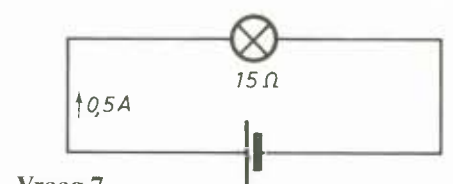
Vraag 4



Vraag 5



Vraag 6



Vraag 7

8

Door een metalen gloeidraad gaat een stroom van 0,3 A als de spanning er over 2 V bedraagt.

Wanneer je de spanning verhoogt tot 6 V is de stroomsterkte

- a 0,9 A
 - b meer dan 0,9 A
 - c minder dan 0,9 A
- Licht je antwoord toe.

9

Van een radioweerstand weet je dat $R = 1000 \Omega (= 1 \text{ kilo Ohm} = 1 \text{ k}\Omega)$. Het maximaal toegestane vermogen bedraagt 0,5 W.

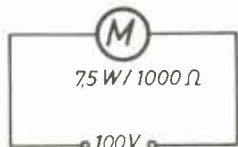
- a Wat is de spanning over de weerstand bij een stroom van 30 mA?
- b Mag er door deze weerstand een stroom van 30 mA lopen?

10

De motor in de schakeling hieronder levert een vermogen van 7,5 W bij een spanning van 100 V.

De weerstand van de motor bedraagt 1000Ω .

- a Bereken de stroomsterkte door de motor als $V = 100 \text{ V}$?
 - b Hoeveel joule energie gaat er elke seconde 'verloren'?
- (De spanning is 100 V).



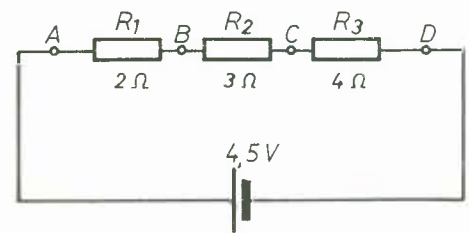
Blok 14 | Werkblad 3

Weerstand in serieschakelingen

1

In de tekening hiernaast zie je een serieschakeling. De grootte van de weerstanden zijn er ook in aangegeven.

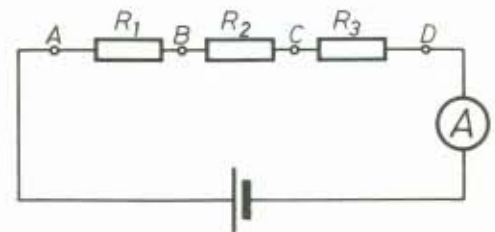
- a Bereken de weerstand van de hele kring.
- b Bereken de stroomsterkte.
- c Bereken V_{AB} , V_{BC} en V_{CD} .
- d Bereken het vermogen dat de batterij levert.



2

In de hiernaast getekende schakeling wijst de ampèremeter 1,5 A aan. $V_{BC} = 6 \text{ V}$; over de batterij staat een spanning van 15 V; $R_1 = R_2$;

- a Bereken: R_3 .
- b Bereken het aantal joule dat in 1 seconde in R_3 wordt omgezet.



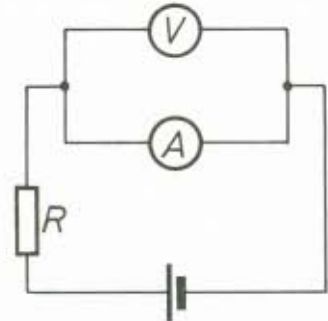
3

In de tekening hiernaast wijst de voltmeter 120 V aan. De ampèremeter geeft 0,15 mA aan. Bereken de weerstand van de voltmeter.



4

De ampèremeter wijst 2 A aan. De spanning over de ampèremeter is dan 0,02 V. Bereken de weerstand van de ampèremeter.

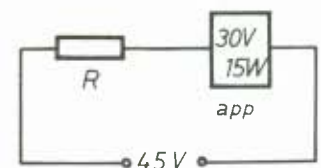


5

Iemand heeft een apparaat waarop staat (30 V; 15 W). Hij heeft de beschikking over een spanningsbron die alleen maar 45 V levert.

Hij bouwt de hiernaast getekende schakeling.

Hoe groot moet de weerstand R zijn?



6

Iemand heeft 2 apparaten.

Apparaat 1: 20 V; 10 W.

Apparaat 2: 30 V; 20 W.

Hij heeft één spanningsbron waarvan hij de spanning kan variëren.

Hij wil de apparaten gelijktijdig gebruiken in één schakeling.

Teken een schema waarin dat kan.

Gebruik weerstanden.

Bereken de grootte van die weerstanden.

Weerstand

In dit herhaalblad zul je een aantal opgaven en proefjes tegenkomen, die te maken hebben met het begrip weerstand. Lees daarom het stukje tekst: 1 heel goed.

1

We spreken over **de** weerstand van een lamp of een ander onderdeel van een schakeling, omdat de weerstand een **eigenschap** is van dat onderdeel. Dit geldt niet voor de stroomsterkte of de spanning!

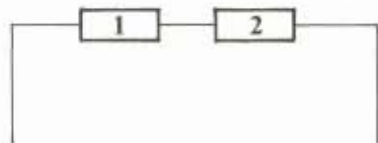
Zo kun je door een onderdeel van een schakeling een stroom van 1,2A laten gaan, maar, bij een lagere spanning, ook een stroom van 0,3A. De weerstand blijft hierbij echter wel gelijk (mits de temperatuur niet verandert). Sterker nog, de grootte van de weerstand **bepaalt** juist hoeveel spanning je over een onderdeel moet zetten om een bepaalde stroomsterkte te krijgen.

Een voorbeeld: We willen een stroomsterkte van 0,5A hebben in een onderdeel met een weerstand van 40Ω. Nu betekent 40Ω niets anders dan 40 Volt per één ampère, dus er is een spanning van 40V nodig voor 1A stroomsterkte. Voor 0,5A is dus bij dit onderdeel een spanning van $0,5 \times 40 = 20V$ nodig.
a Welke formule had je ook kunnen gebruiken om de benodigde spanning uit te rekenen?

b Bereken hoeveel spanning er bij dit onderdeel van 40Ω nodig is voor een stroomsterkte van 1,2A?

2

Hieronder staat een gedeelte van een schakelschema. De weerstand van onderdeel 1 is groter dan van onderdeel 2.



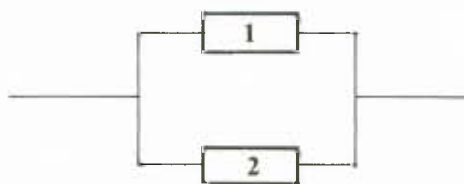
a Door welk onderdeel is de stroomsterkte het grootst?

b Over welk onderdeel is de spanning het grootst?

Opmerking: gebruik voor je antwoord de verkorte schrijfwijze met symbolen (net zo als $R_1 > R_2$).

3

Beantwoord dezelfde vragen als bij 2 voor de hiernaast afgebeelde onderdelen. Er geldt weer $R_1 > R_2$



4

Een veel voorkomend onderdeel in elektrische schakelingen is een radioweerstand.

Vraag je leraar eens twee radioweerstanden.

De opdracht is nu om de grootte van de weerstand van deze radioweerstanden te bepalen.

Er zijn twee mogelijkheden:

a Als je **wel** weet hoe je dit moet doen, moet je hieronder precies opschrijven wat je wilt gaan doen en welk schakelschema je gebruikt. (Je mag eventueel ook eerst de metingen doen en dan opschrijven wat je gedaan hebt.)

Resultaten: $R_1 =$, $R_2 =$

b Als je **niet** weet hoe je dit moet aanpakken, probeer dan eerst eens te bepalen welke van de radioweerstanden de grootste weerstand heeft. (Denk maar aan opdracht 2 of 3.) Schrijf hieronder hoe je dit doet.

Welke twee grootheden moet je meten om de grootte van een weerstand te kunnen berekenen?

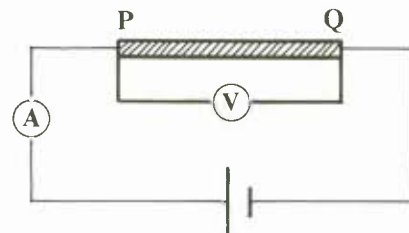
Nu kun je wel verder gaan met a.

5

Hieronder staan 3 eenvoudige opgaven, die je allemaal kunt oplossen met de wet van Ohm.

Hoe kun je deze wet in formule vorm schrijven?

Schrijf bij elke opgave deze relatie tussen V.I. en R **eerst** zò dat je direkt een uitdrukking hebt voor de gevraagde grootheid.



a Door een draad PQ loopt een stroom van 1,5A, terwijl de spanning over de draad 24V is. Bereken de weerstand van PQ.

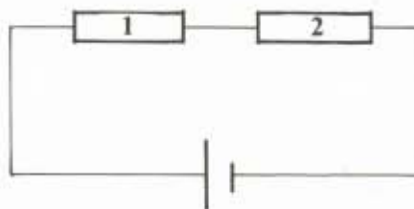
$$R = \frac{V}{I}, \text{ dus } R_{PQ} =$$

b Door een lamp van 5Ω loopt een stroom van 300 mA. Op welke spanning brandt die lamp dan?

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

dus

Opmerking: Misschien heb je als antwoord 1500V, maar dat is wel erg veel! Bedenk, dat 5Ω betekent: er is 5V nodig voor 1A.



c Twee radioweerstanden staan in serie geschakeld. Gegeven is dat: $R_1 = 2,5\Omega$, $R_2 = 12\Omega$

$V_1 = 0,5V$, $V_2 = 2,4V$

Gevraagd: I_1 en I_2

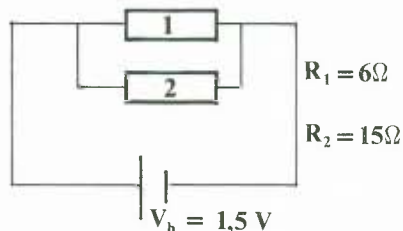
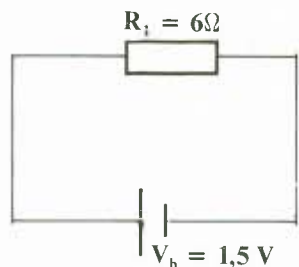
$$R = \frac{V}{I} \longleftrightarrow$$

dus

en

Opmerking: Als je de wet van Ohm twee keer hebt gebruikt, vind je twee maal hetzelfde antwoord.

Waarom was éénmaal voldoende geweest?



6
De bron in het hierboven getekende schema geeft een konstante spanning van 1,5V. De weerstand van onderdeel 1 is 6Ω.

Bereken de stroomsterkte door de bron.
 $I_b =$

We schakelen nu een tweede onderdeel (15Ω) parallel aan het eerste.

Bereken weer de stroomsterkte door de bron.
 $I_b =$

Uit je berekeningen blijkt, dat als je meer weerstanden parallel schakelt, de stroomsterkte in de hoofdkring

7
Tenslotte nog een probleem waar behalve spanning, stroomsterkte en weerstand, ook vermogen een rol in speelt. Het blijkt dat je een fietslampje (L1) in serie met een gewone gloeilamp (L2) op het lichtnet (stopcontact) kunt aansluiten. De gloeilamp geeft wel veel meer licht dan het fietslampje of beter het vermogen van de gloeilamp is groter dan het vermogen van het fietslampje.

$$P_1 < P_2$$

De vraag is: welke lamp heeft de grootste weerstand?

Probeer daar maar eens uit te komen.

Gebruik alle gegevens (bijv.: serieschakeling wil zeggen

dat I

en bedenk waar het vermogen van afhangt).

Schrijf je oplossing hieronder:

Berekeningen in elektrische schakelingen

In dit herhaalblad kijken we nog eens naar een aantal zogenaamde 'ingewikkelde' berekeningen. De moeilijkheid bij dat soort van berekeningen is meestal dat je teveel dingen tegelijkertijd moet doen. Daarom kun je beter proberen stap voor stap tot een oplossing van het probleem te komen. Kijk maar eens hoe dat bij de hieronder opgegeven som gaat.

1

Een weerstand van 100Ω heeft een maximaal toegestaan vermogen van 1,5W.

a Wat is de spanning over de weerstand bij een stroomsterkte van 10mA?

b Mag er door deze weerstand een stroom van 10mA lopen?

Oplossing:

a We zetten eerst de gegevens op een rijtje: (daarbij gebruiken we de symbolen zoals we die afgesproken hebben)

$$R = 100\Omega; P_{\max} = 1,5W; I = 10mA.$$

Vervolgens stellen we vast wat er bij onderdeel a wordt gevraagd:

$$V = ? V.$$

We kennen 2 formules waarin V voorkomt:

$$V = I \cdot R \text{ (of } \frac{V}{I} = R) \text{ en } P = V \cdot I.$$

Welke van deze twee moet je nu kiezen?

Wel, je weet, dat als je door een weerstand een bepaalde stroom laat gaan, de spanning $V = I \cdot R$

I en R kennen we, dus gebruiken we de 1e formule. Dus $V = I \times R$

$$V = 10mA \times 100\Omega = 0,01A \times 100\Omega = 1V$$

(Denk eraan I moet altijd in ampère!)

We hebben vraag a opgelost.

b Er wordt gevraagd of er een stroom van 10mA door de weerstand mag lopen. We weten dat het vermogen dat aan de weerstand afgegeven wordt niet boven 1,5W uit mag komen.

Wat is het vermogen dan bij 10mA?

Wel we gebruiken nu de formule $P = V \cdot I$.

We weten $V = 1V$ en $I = 10mA = 0,01A$

$$\text{Maar dan } P = 1 \times 0,01W = 0,01W$$

Dit vermogen is veel minder dan 1,5W

Er mag dus een stroom van 10mA door de weerstand lopen.

Een tweede som:

Iemand heeft een apparaat waarop staat (50V; 20W).

Hij heeft een spanningsbron die 70V levert.

Hoe groot moet de weerstand R zijn die hij in serie met het apparaat moet schakelen om hem te kunnen aansluiten op de bron.

Oplossing:

Gegevens:

$$P_{\text{apparaat}} = \quad W$$

$$V_{\text{apparaat}} = \quad V$$

$$V_{\text{bron}} = \quad V$$

Gevraagd:

$$R = \quad \Omega$$

We hebben ook nu 2 formules:

$$V = I \times R \text{ en } P = V \times I$$

Probeer de eerste formule in te vullen

Dat lukt je niet. Je weet I immers niet. Dan maar de tweede.

$$P_{\text{app.}} = V_{\text{app.}} \times I_{\text{app.}}$$

$$P_{\text{app.}} = \quad W$$

$$V_{\text{app.}} = \quad V$$

$$I_{\text{app.}} = \quad A$$

maar in een serieschakeling geldt dat de stroomsterkte overal even groot is.

Dus $I = 0,4A$ (kontrolleren)

Maar nu kennen we I en kunnen we de 1e formule gebruiken: $V = I \times R$.

Vul in:

en je vindt: $R = 50\Omega$

(Vul voor $V = 20V$ in. Dat blijft over van de 70 V als er al 50V over het apparaat staat).

Probeer nu zelf de onderstaande opgaben:

3

Een motor levert een vermogen van 50W bij een spanning van 100V.

a Bereken de stroomsterkte door de motor.

b Bereken de weerstand van de motor.

4

Een spanningsbron levert een spanning van 6V.

Men wil een lampje (2V; 3 W) aansluiten op de bron.

Welke weerstand moet je in serie met het lampje gebruiken?

5

Men sluit een weerstand van 10Ω aan op een spanning van $5V$. De weerstand heeft een maximaal toegestaan vermogen van $1W$.

a Hoe groot is de stroomsterkte door de weerstand?

b Kan de weerstand deze stroomsterkte verdragen?

Herhaalblad 1

Weerstand

1

a $V = I \cdot R$

b $V = 1,2 \times 40 = 48V$

2

a $I_1 = I_2$ (serieschakeling!)

b $V_1 > V_2$

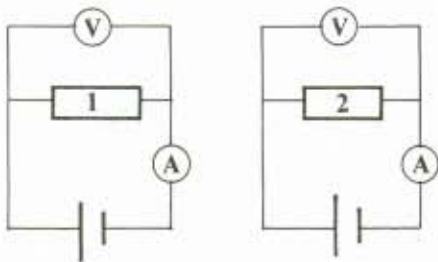
3

a $I_2 > I_1$

b $V_1 = V_2$ (parallelschakeling!)

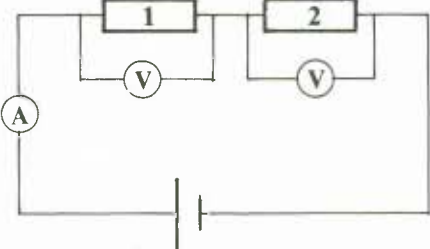
4

a Je kunt de grootte van de weerstanden op 3 manieren bepalen:



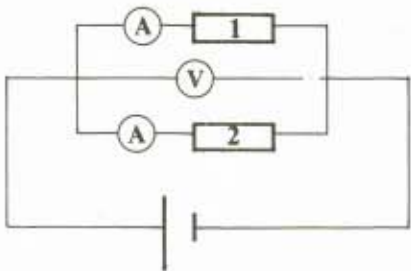
1e Elke weerstand afzonderlijk op een spanningsbron aansluiten en spanning en stroomsterkte meten. Nu is

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{V_2}{I_2}.$$



2e Je kunt beide weerstanden in serie schakelen, over elke weerstand de spanning meten en éénmaal de stroomsterkte.

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{V_2}{I_1}$$



3e Je kunt beide weerstanden parallelschakelen, door elke weerstand de stroomsterkte meten en éénmaal de spanning.

$$R_1 = \frac{V}{I_1}, \quad R_2 = \frac{V}{I_2}$$

b Door in een serieschakeling (zie 2e) te meten over welke weerstand de grootste spanning staat of door in een parallelschakeling (zie 3e) te meten door welke weerstand de stroomsterkte het kleinste is.

Spanning en Stroomsterkte meten.

5

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

a $R_{PQ} = \frac{24}{1,5} = 16\Omega$

b $R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow V = I \cdot R$, dus $V = 0,35 \times 1,5V$

c $R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow I = \frac{V}{R}$, dus
 $I_1 = \frac{0,5}{2,5} = 0,2A$ $I_1 = 0,2A$

Ze staan in serie, dus $I_1 = I_2!$

6

$$\left. \begin{array}{l} a \quad I = \frac{V}{R} \\ V_1 = V_2 = 1,5V \\ R = 6\Omega \end{array} \right\} \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{1,5}{6} = 0,25A$$

$$\left. \begin{array}{l} b \quad I_1 = 0,25A \\ I_2 = \frac{1,5}{15} = 0,1A \end{array} \right\} \Rightarrow I_b = 0,25 + 0,1 = 0,35A$$

$$I_b = I_1 + I_2!$$

groter wordt.

7

Je weet dat $P = V \cdot I$ en omdat het een serieschakeling is, is $I_1 = I_2$.

Dus als $P_2 > P_1 \Rightarrow V_2 > V_1$.

De spanning over de gloeilamp is dus het grootst.

Verder is $R = \frac{V}{I}$ en weer $I_1 = I_2$.

Dus als $V_2 > V_1 \Rightarrow R_2 > R_1$.

De weerstand van de gloeilamp is dus groter dan van het fietslampje.

Herhaalblad 2

Berekeningen in elektrische schakelingen

3

Gegeven: $P_{\text{motor}} = 50W$

$$V_{\text{motor}} = 100V$$

Gevraagd: $I_{\text{motor}} = ? A$

$$R_{\text{motor}} = ? \Omega$$

Formules: $V = I \times R$

$$P = V \times I$$

aan $V = I \times R$ hebben we niets (I, R onbekend)

Dus $P = V \times I$ levert

$$50W = 100V \times I \rightarrow I = 0,5A$$

Nu $V = I \times R$ dus

$$100V = 0,5A \times R \rightarrow R = 200\Omega$$

4

Gegeven: $V_{\text{bron}} = 6V$ } $V_{\text{weerst.}} = 4V$
 $V_{\text{lamp}} = 2V$
 $P_{\text{lamp}} = 3W$

Gevraagd: $R = ? \Omega$

Formules: $V = I \times R$ (kan niet, I onbekend)

$$P = V \times I \text{ levert } 3W = 2V \times I \Rightarrow I = 3/2A$$

Nu: $V_{\text{weerst.}} = I \times R = 4V = 3/2A \times R$

$$\rightarrow R = \frac{4}{3/2} \Omega = \frac{8}{3} \Omega = 2,7 \Omega$$

5

Gegeven: $R = 10\Omega$

$$V = 5V$$

$$P_{\text{maximaal}} = 1W$$

$$V = I \times R \text{ levert: } 5V = I \times 10\Omega \Rightarrow$$

$$I = 0,5A$$

$$P = V \times I \text{ levert: } P = 5V \times 0,5A = 2,5W$$

$$\Rightarrow P > P_{\text{maximaal}}$$

0,5A is dus teveel voor de weerstand.

De diode

A

Inleidende proeven.

Een diode is een onderdeel van een elektrische schakeling en kan er op verschillende manieren uitzien.

Hiernaast zijn drie mogelijke vormen getekend.

Daaronder staat als vierde het symbool van de diode, zoals we dat in de schema's steeds tekenen.

De rechterkant van de getekende diodes komt steeds overeen met de rechterkant van het schemasymbool.

Pas op: Een diode mag je net als een ampèremeter nooit rechtstreeks op een stroombron aansluiten, omdat er dan een grote kans is dat hij kapot gaat. Dus altijd de diode **in serie** met bijvoorbeeld een lampje schakelen.

We gaan nu een aantal proeven doen om te zien wat een diode nu eigenlijk doet in een schakeling.

Proef 1

Sluit een lampje en een ampèremeter in serie aan op een batterij. Als je alles goed aansluit, zie je dat de wijzer van de ampèremeter in de goede richting uitslaat.

Hoe groot is nu de stroomsterkte?

Als de wijzer in de goede richting uitslaat noemen we de stroom **positief**.

Proef 2

Neem de schakeling uit proef 1 maar verwissel nu de beide draden van de batterij.

Laat de ampèremeter op **hetzelfde** meetbereik staan.

Kun je ook nu de stroomsterkte aflezen?

Als de ampèremeter naar **links** uitslaat noemen we de stroom **negatief**.

Proef 3

Sluit nu een lampje, een diode en ampèremeter in serie aan op een batterij. Plaats de diode in dezelfde richting als in de tekening is aangegeven. Het lampje moet nu branden.

Hoe groot is nu de stroomsterkte?

Proef 4

Neem de schakeling uit proef 3, maar verwissel nu de beide draden op de batterij. Laat de ampèremeter weer op **hetzelfde meetbereik** staan.

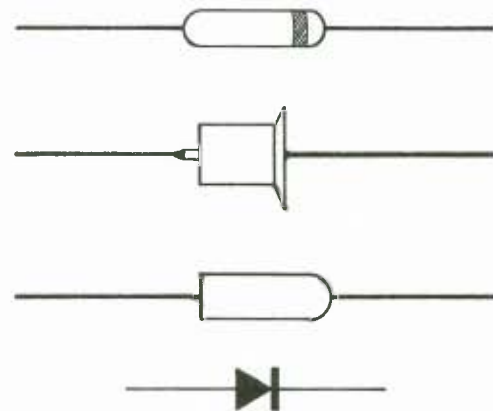
Hoe groot is nu de stroomsterkte?

Proef 5

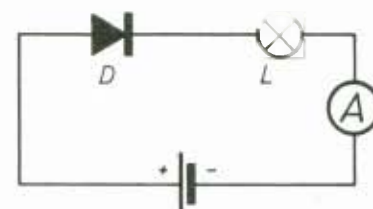
Draai nu ook de diode om. Hoe groot is nu de stroomsterkte?

Wat is nu de stroomrichting?

In het symbool van de diode zit een pijl verborgen. Schrijf op waarmee de pijlrichting overeenkomt.



Figuur 1



Figuur 2

B

Stroomsterkte en spanning bij een diode.

Nu ga je een meting aan de diode zelf uitvoeren. Je gaat namelijk onderzoeken hoe groot de stroom door de diode is als je er een bepaalde spanning over zet.

In de basisstof van blok 14 heb je al iets geleerd over het verband tussen spanning en stroom, maar dan voor **weerstand**.

Voor een weerstandsdraad geldt de wet van Ohm. Als je de stroomsterkte (I) dóór en de spanning (V) óver de weerstand kent, kun je de grootte van

de weerstand uitrekenen m.b.v. de formule $R = \frac{V}{I}$

Bij een weerstand bestaat er tussen I en V een evenredig verband. De vraag wordt nu: Welk verband bestaat er tussen spanning en stroomsterkte bij een diode. Zou je hierover al iets kunnen zeggen?

Proef 6

Bouw de schakeling die hiernaast getekend is. Met de schuifweerstand kun je de spanning over de diode variëren.

Zorg ervoor dat over de diode niet meer dan de maximumspanning komt te staan.

De maximumspanning hangt af van de soort diode (voor jouw diode is dat _____ volt).

a Voer de spanning over de diode op van 0 tot de maximumspanning. Wat gebeurt er met de sterkte van de stroom door de diode?

b Doe hetzelfde als bij a, maar voer nu de spanning in kleine stapjes op. Maak een grafiek van het verband tussen spanning en stroomsterkte voor de diode. Zet de spanning horizontaal uit, en de stroomsterkte vertikaal.

c Verwissel nu de aansluitingen van de spanningsbron en meet de stroom met een mikro-ampèremeter (μA).

In welke richting loopt de stroom nu?

Wat gebeurt er nu met de stroomsterkte als je de spanning langzaam opvoert?

Konklusie:

C

Wisselstroom en wisselspanning.

In blok 14 hebben we gewerkt met gelijkstroom.

Aan gelijkstroom kun je twee dingen meten, namelijk de **grootte** van de stroom en de **richting** van de stroom (positief of negatief).

Bij **gelijkstroom** zijn grootte en richting van de stroom steeds konstant. Als je dus een schakeling hebt waarin je een stroom meet van 0,1 A (positief) dan blijft de stroom in de schakeling steeds deze zelfde waarde en richting houden (zolang je uiteraard de batterij aangesloten laat).

Dat kun je zien in figuur 4: op elk tijdstip heeft de stroom dezelfde grootte en richting.

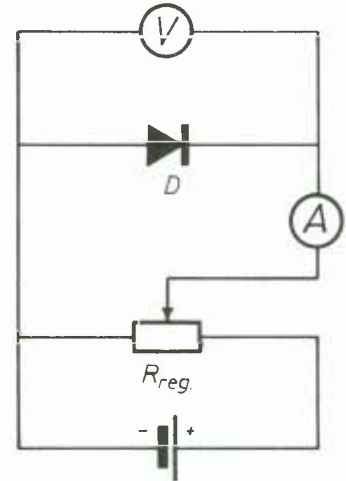
Nu bestaat er ook een soort stroom met de eigenschap dat zowel grootte als richting van de stroom voortdurend **wisselen**.

Deze stroom, die 'uit het stopkontakt komt', noemen we dan ook **wisselstroom**.

Dat wisselen gebeurt 100 keer in één seconde!

Hoe de stroom wisselt zie je in figuur 5. Je ziet dus dat de stroom op zeker moment ($t = 0$) nul is geworden en daarna neemt de stroom toe (de stroom is nu **positief**)

en bereikt na $\frac{1}{200}$ s zijn grootste waarde.



Figuur 3.

Je weet al dat één milliampère gelijk is aan éénduizendste ampère.

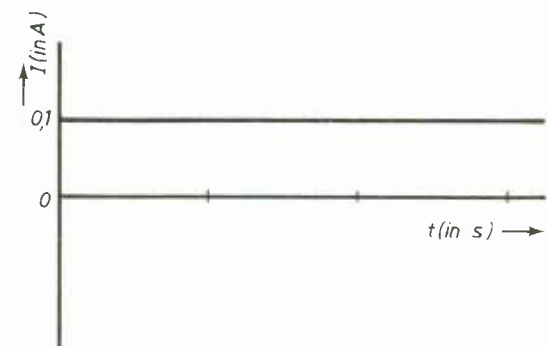
In formulevorm:

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A.}$$

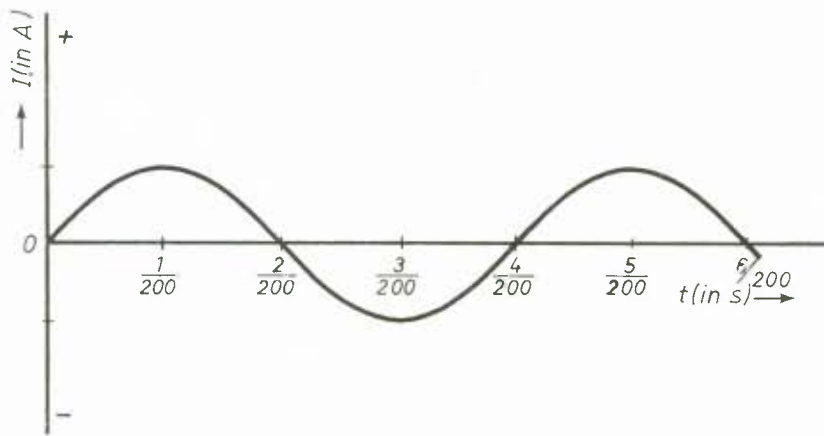
Eén mikroampère is gelijk aan éénmiljoenste ampère.

In formulevorm:

$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A.}$$



Figuur 4.



Figuur 5.

Daarna daalt I weer tot 0 en neemt dan weer toe, maar loopt nu in de andere richting! (de stroom is nu dus **negatief**).

Op $t = \frac{3}{200}$ s bereikt I dan in de negatieve richting zijn grootste waarde en neemt dan weer af tot 0 enzovoort.

Als je een wisselstroom door een weerstand stuurt, krijg je een wisselspanning, ook deze wisselt 100 keer per seconde en heeft een zelfde soort verloop als de stroom in figuur 5.

Op het stopkontakt staat ook een wisselspanning, die echter **gevaarlijk groot** is.

Een **transformator** kan er voor zorgen dat deze spanning ongevaarlijk laag wordt.

In de proeven zullen we steeds met een transformator werken.

Nu je weet wat wisselstroom en wisselspanning is, kun je verder gaan met de diode, met de diode.

D

Toepassing van de diode: de gelijkrichter.

Een gelijkrichter is een apparaat dat wisselstroom omzet in gelijkstroom (en dus wisselspanning in gelijkspanning).

De diode kun je gebruiken als gelijkrichter, hoe dat precies gaat ga je nu onderzoeken.

Van het praktikum ken je de gelijkspanningsbron.

(Daar moet wel een gelijkrichter in zitten, want

Proef 7

Sluit een bel aan op een transformator. Je kunt meteen horen of je het goed gedaan hebt.

Doet de bel het ook als je hem op een batterij aansluit?

Wat moet er kennelijk met de spanning gebeuren voor de bel het doet?

Proef 8

Plaats nu een diode in serie met de bel. Zie figuur 6.

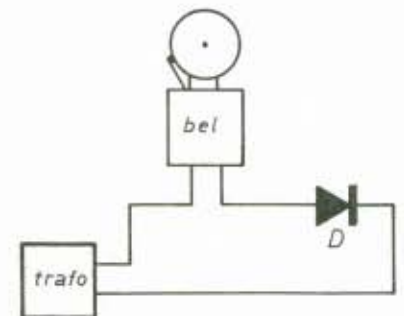
Hoor je een verschil met het geluid bij proef 7?

Verklaar dit. Maakt het uit als je de diode omkeert?

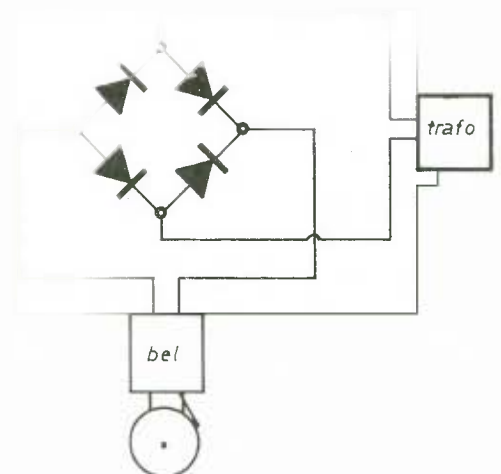
Proef 9

Bouw nevenstaande schakeling. Zie figuur 7.

Wat is nu het verschil met proef 8?



Figuur 6.



Figuur 7.

Je hebt bij proef 8 en 9 kunnen zien (of eigenlijk: kunnen horen) dat de stroom (en dus ook de spanning), nog niet echt helemaal **gelijk** is, er treden nog steeds wisselingen op. Wil je een goed konstante gelijkstroom krijgen dan moet je op momenten dat er veel lading wordt aangevoerd een gedeelte van die lading opsparen, om in tijden van schaarste een gedeelte van deze gespaarde lading te kunnen gebruiken. Dan kan de stroom door de bel bijna steeds even sterk blijven. Hoe heet een apparaat waarmee je lading kunt verzamelen?

Proef 10

Je sluit het apparaatje, dat er zo ongeveer uitziet als in fig. 8 is getekend, parallel aan met de bel. Verder blijft de schakeling uit proef 9 hetzelfde. Wat neem je waar?

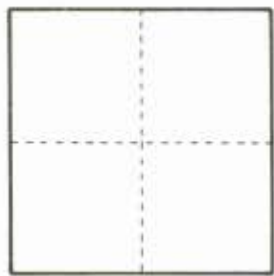
Proef 11

Als de leraar of de amanuensis het niet al te druk heeft met het helpen van andere leerlingen, vraag hem dan of hij je de verschillende spanningsvormen uit de schakelingen bij de proeven 7, 8, 9 en 10 op een 'oscilloscoop' laat zien. Je zult deze schakelingen dus nogmaals moeten bouwen.

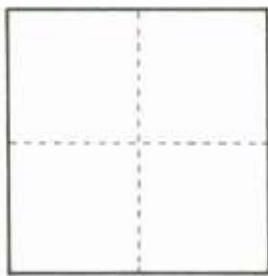
Teken de figuren die je op het scherm ziet zo goed mogelijk over. Wat valt je op als je ze vergelijkt met figuur 5?



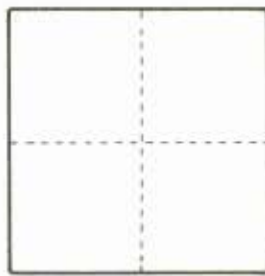
Figuur 8.



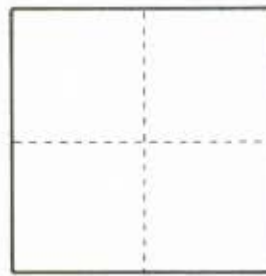
Proef 7



Proef 8



Proef 9



Proef 10

Blok 14 | Extra blad 116

Vervangingsweerstand bij een parallel schakeling

A

Inleiding.

In blok 14 heb je ontdekt, dat als 2 weerstanden in serie geschakeld zijn, de som van die weerstanden gelijk is aan de totale weerstand.

Voorbeeld:



De weerstand van het stuk tussen A en C is de som van de weerstanden van de stukken tussen (A en B) en (B en C).

Als $R_1 = 2 \Omega$ en $R_2 = 6 \Omega$ dan kun je net zo goed deze weerstand vervangen door $R_3 = 8 \Omega$.

Opmerking: een wasmachine van 100Ω en een koffiezetapparaat van 20Ω kun je natuurlijk niet vervangen door een koelkast van 120Ω !

Maar bekijk nu de situatie eens in de tekening hiernaast:

Vraag 1

Kun je nu ook zeggen welke weerstand je tussen A en B moet zetten om R_1 en R_2 te vervangen?

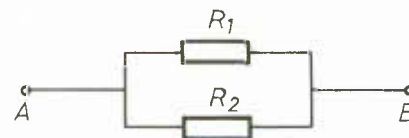
In blok 10 heb je beredeneerd dat de stroom bij een parallelschakeling 2 kanten op kan. Hij ondervindt dan minder weerstand dan in het geval hij maar langs één tak zou kunnen stromen.

De weerstand van het stuk tussen A en B is dus in elk geval **kleiner dan R_1** , maar ook **kleiner dan R_2** .

Vraag 2

Mag je de weerstanden dus optellen in dit geval?

Om te onderzoeken waardoor we R_1 en R_2 wel mogen vervangen gaan we een proef doen. Daarvoor hebben we een geijkte schuifweerstand nodig.



B

Het iken van de schuifweerstand.

Uit P2 weet je dat de weerstand R van een draad evenredig is met de lengte van een draad:

hoe langer de draad, hoe groter zijn weerstand.

Op dit principe werkt nu de schuifweerstand.

De schuifweerstand heeft drie aansluitbusjes: A, B en D. Als je òf aansluitbusjes (A en D) òf (B en D) gebruikt, kun je de grootte van de weerstand regelen door het glijkontakt C langs de draad te bewegen.

Vraag een schuifweerstand aan je leraar en kijk of je de punten A, B, D en het glijkontakt C kunt herkennen.

Vraag 3

Hoe kun je de schuif het beste zetten voor je een meting begint?

Proef 1

Ijk de schuifweerstand.

Aanwijzing:

Sluit de kontakten A en D aan op een spanningsbron of een aantal batterijen.

(Neem een schakelaar in je schema op!)

Zet de schuif C bij A.

Vraag 4

Hoe groot is dan de weerstand tussen A en D?

Schuif vervolgens C in de richting van B en meet om de 2 cm de weerstand van het stuk AD.

Daarvoor heb je een ampèremeter en een voltmeter nodig!

Zet je meetresultaten in een zelfgemaakte tabel.

Als je klaar bent met meten kun je een schaalverdeling op de weerstand plakken.

Vraag 5

Was het nodig om elke 2 cm een meting te doen?

C

De geijkte schuifweerstand als meetinstrument.

Met de geijkte schuifweerstand ga je bekijken door welke weerstand we twee parallelle weerstanden kunnen vervangen.

Met andere woorden, je gaat op zoek naar de **vervangingsweerstand** van twee parallel geschakelde weerstanden.

Je moet er dan wel voor zorgen dat de **spanning** over de parallel weerstanden **gelijk** is aan die over de vervangingsweerstand.

Ook moet je ervoor zorgen dat de **totale stroomsterkte** door de parallelweerstand (in ons geval lampjes) **gelijk** is aan de stroomsterkte door de vervangingsweerstand.

Proef 2

Bouw de hiernaast staande schakeling.

Neem voor R_1 en R_2 twee verschillende lampjes.

Bepaal: R_1 en R_2 .

De spanning over R_1 en R_2 is V.

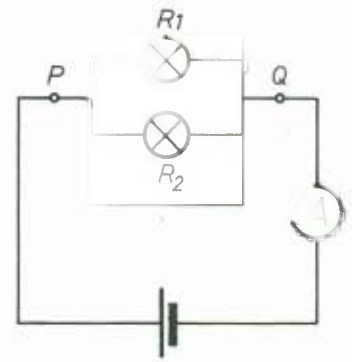
De stroomsterkte door R_1 is A; en door R_2 = A.

Dan geldt: $R_1 =$ Ω ; $R_2 =$ Ω ;

Vervang nu het stuk PQ door één weerstand: de geijkte schuifweerstand. Stel de schuif nu zo in dat V en I de goede waarden hebben.

De schuifweerstand is dan te beschouwen als de vervangingsweerstand van de parallelle lampjes.

Je vindt: de vervangingsweerstand R = Ω .



Vraag 6

Kun je een verband zien tussen R, R_1 en R_2 ?

D

Berekening van de vervangingsweerstand.

Uit P2 weet je dat $R = \frac{V}{I}$

Dus $R_1 = \frac{V_1}{I_1}$ en $R_2 = \frac{V_2}{I_2}$

Omdat $V_1 = V_2 = V_{PQ}$, geldt: $R_1 = \frac{V_{PQ}}{I_1}$ en $R_2 = \frac{V_{PQ}}{I_2}$

Je kunt dat ook schrijven als

$I_1 = \frac{V_{PQ}}{R_1}$ en $I_2 = \frac{V_{PQ}}{R_2}$

Je weet ook dat voor de totale stroomsterkte geldt: $I = I_1 + I_2$

Dus $I_1 + I_2 = \frac{V_{PQ}}{R_1} + \frac{V_{PQ}}{R_2}$ (1)

Maar als je de twee parallel geschakelde weerstanden door één weerstand R vervangt, gaat daar de onvertakte stroom I door en staat daar de spanning V_{PQ} over.

Dus $R = \frac{V_{PQ}}{I}$, waaruit volgt $I = \frac{V_{PQ}}{R}$ (2)

Uit formule (1) en (2) samen volgt dan:

$$\frac{V_{PQ}}{R} = \frac{V_{PQ}}{R_1} + \frac{V_{PQ}}{R_2}$$

Als je nu deelt door V_{PQ} volgt hieruit:

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

Vraag 7

Klopt deze formule met wat je bij proef 2 vond?

Kontroleer dat door de waarden in te vullen.

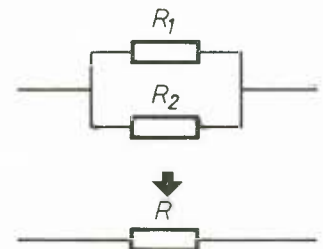
E

Vraagstukken.

We hebben nu gevonden dat we 2 parallel geschakelde weerstanden (R_1 en R_2) kunnen vervangen door één weerstand (R)

met $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Met deze regel gaan we een aantal problemen oplossen.



(Zie ook tekeningen hieronder.)

1

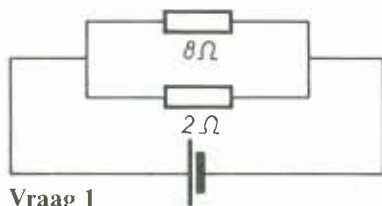
Door welke weerstand kun je deze twee vervangen?

2

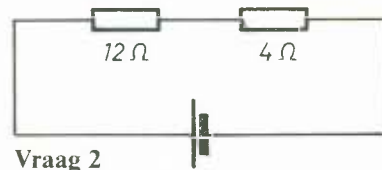
Door welke weerstand kun je deze beide weerstanden vervangen?

3

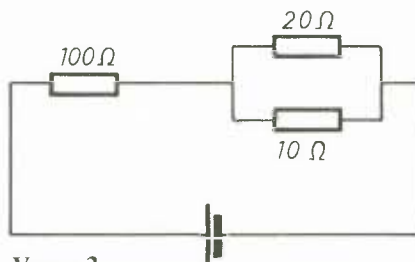
Iemand wil deze 3 weerstanden vervangen door één weerstand. Hoe groot moet die weerstand zijn?



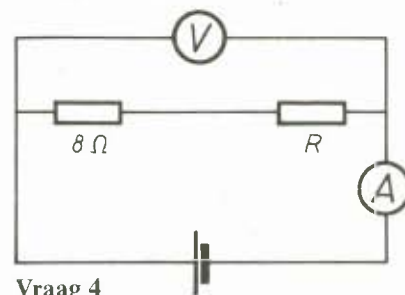
Vraag 1



Vraag 2



Vraag 3



Vraag 4

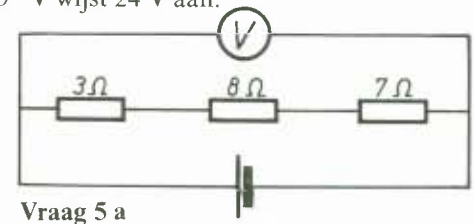
4

De voltmeter V wijst 10 V aan.
De ampèremeter A wijst 0,5 A aan.
Bereken R.

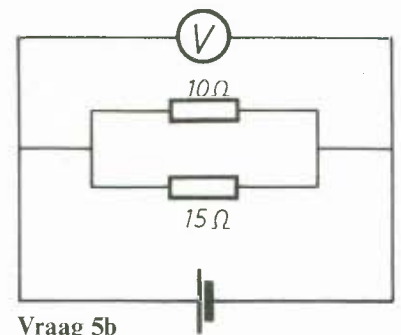
5

Bereken de stroomsterkte in de schakelingen
a V wijst 7,2 V aan.

b V wijst 24 V aan.



Vraag 5 a



Vraag 5b

Blok 14 | Extra blad 117

Soortelijke weerstand

1

Inleiding

Om te beginnen staan hieronder een aantal waarnemingen, die de meesten misschien wel kennen.

De snoeren van allerlei elektrische apparaten bestaan altijd uit, al dan niet gevlochten, **koperdraad**. Eromheen zit een isolerende mantel van rubber of plastic.

Bij het aansluiten van luidsprekers op een versterker mogen de snoeren **niet tè lang** zijn, en moeten ze een **bepaalde dikte** hebben – er gaat anders tè veel van het 'kostbare' vermogen van de versterker verloren.

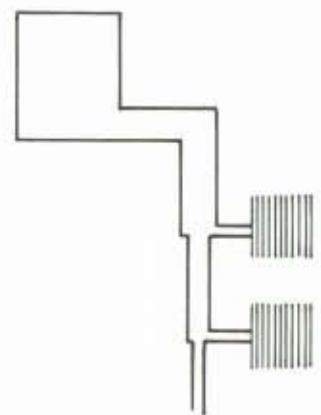
Het is verplicht om bij de aanleg van elektrische installaties in huizen elektriciteitskabels te gebruiken waarvan de koperen kern een voorgeschreven **minimumdikte** heeft – de diameter moet 1,5 mm zijn.

Vanuit de ketel van de centrale verwarming komen dikke buizen, die na elke radiator steeds iets dunner worden.

Als je over deze waarnemingen wat nadenkt, kom je tot de konklusie dat het bij geleiders van stroom (of water) kennelijk belangrijk is hoe lang ze zijn, hoe dik ze zijn of van welk materiaal ze zijn gemaakt. Waarschijnlijk hebben al die eigenschappen invloed op het functioneren van die geleiders – invloed op het geleidingsvermogen dus. In dit extra stofblad zullen we dat eens gaan onderzoeken.

Vraag 1

Ken je nog meer voorbeelden waaruit blijkt dat lengte, dikte en soort stof belangrijk is voor het geleidingsvermogen van draden (of buizen)?



2

Vraagstelling.

In dit blad moeten we een antwoord zien te vinden op de vraag:

Wat is de invloed van **soort stof**, **lengte** en **dikte** van een metaaldraad op het geleidingsvermogen van die draad?

3

Uitvoering van het experiment.

Je begrijpt al wel dat we een proef moeten uitvoeren om iets te weten te komen. Omdat we echter het geleidingsvermogen van een draad niet kunnen meten, meten we in deze proef het omgekeerde ervan: **de weerstand**. Dat geeft net zoveel informatie over de geleiding van een draad.

Vraag 2

Welke twee grootheden moeten we meten, en welke berekening moeten we uitvoeren om de weerstand van een draad te vinden?

Verder moet je bij dit experiment goed bedenken dat de weerstand van een draad waarschijnlijk van een aantal **factoren** afhangt, zoals we al zagen: dikte, lengte, soort stof.

Vraag 3

Hoe moet je je experiment dan inrichten om de invloed van elke faktor **apart** te onderzoeken?

Nu aan 't werk: We kijken eerst naar het verband tussen

a. Weerstand en materiaal van geleider**Vraag 4**

Wat houden we bij deze meting konstant, wat veranderen we?

Neem 3 metaaldraden, van ijzer, koper en konstantaan. Neem voor elke draad dezelfde lengte en diameter, bijvoorbeeld 0,5 m lang en 0,2 mm diameter.

Maak dan een opstelling zoals in de tekening en stel de spanning met behulp van de spanningsbron zo in, dat er door de draden een stroom van 0,5 à 1 ampère loopt.

Meet spanning en stroomsterkte, en vul dan onderstaande tabel in.

Lengte van de draden: _____ m; diameter van de draden _____ mm.

Tabel 1

Materiaal	V_{AB} (in V)	I (in A)	R (in Ω)
Koper			
IJzer			
Konstantaan			

Vraag 5

Schrijf je konklusies op.

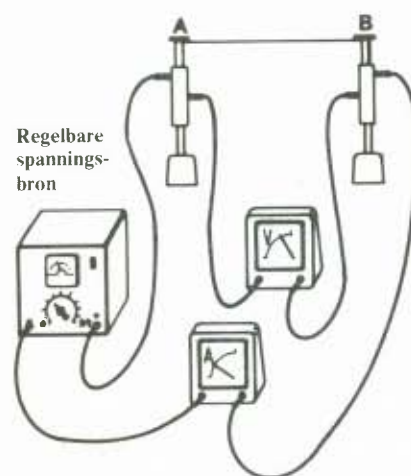
We gaan nu de invloed van de lengte van de draden op de weerstand onderzoeken.

b. Weerstand en lengte van een geleider**Vraag 6**

Wat houden we bij deze meting konstant? Wat veranderen we?

Maak weer dezelfde opstelling als van proef 3a, en begin met een konstantaandraad van 0,5 m lengte, en diameter 0,2 mm (of met de lengte en diameter die jij in proef 3a hebt gebruikt).

Stel de spanning weer zo in dat er een stroom van $\pm 0,5$ A door de draad loopt.



Doe vervolgens een meting met **de helft** van de draad, en dan nog één met een kwart van de draad (gewoon 2 keer doormidden knippen!).

Doorsnede A = _____ mm².

Tabel 2

Lengte van de draad	V _{AB} (in V)	I (in A)	R (in Ω)
0,50 m			
0,25 m			
0,12 m			

Vul je metingen weer in de tabel hierboven in.
Bereken ook de doorsnede A uit de diameter.

Vraag 7

Welke konklusie kun je uit deze metingen trekken?

De laatste proef moet het verband aantonen tussen

c Weerstand en dikte van een geleider

Vraag 8

Wat houden we nu konstant, en wat veranderen we?

De dikte van draden veranderen is erg lastig — draden van verschillende dikte zijn misschien op school aanwezig, maar een heel eenvoudige methode is de volgende: in plaats van één draad span je twee draden, of drie of vier. Dan is 'de' draad van zelf twee, drie of vier maal zo dik.

Vraag 9

In het bovenstaande stukje wordt gesproken over dikte. Dat is niet zo duidelijk. Wat wordt er nou precies twee, drie en vier keer zo groot?

Doe vier metingen, waarbij de achtereenvolgens 1, 2, 3 en 4 konstantaandraden van ± 0,50 m naast elkaar gebruikt (een parallel schakeling dus).

Tabel 3

Aantal draden	Doorsnede in mm ²	V _{AB} (in V)	I (in A)	R (in Ω)
1				
2				
3				
4				

Noteer je waarnemingen in een tabel zoals hierboven.

Vraag 10

Kun je uit de uitkomsten van deze meting een konklusie trekken? Schrijf die op!

In dit geval is de konklusie misschien nog wel te vinden — vaak zullen de uitkomsten niet zo mooi regelmatig zijn (misschien bij jou ook niet, maar dan heb je meetfouten of rekenfouten gemaakt). Dan is de gebruikelijke methode dat je eerst een grafiek maakt van de doorsnede in mm² (horizontaal) tegen de weerstand (vertikaal).

Je zult dan zien dat er een gebogen lijn ontstaat.

Vervolgens kun je dan, op grond van de vorm van de grafiek, tot de konklusie komen

dat je beter horizontaal $\frac{1}{\text{doorsnede}}$ kunt uitzetten tegen de weerstand (vertikaal).

Berekenen van de doorsnede A.

Uit de wiskunde weet je dat het oppervlak van een cirkel gelijk is aan πr^2 . Als de diameter van de draad 0,2 mm is, is de straal (r) 0,1 mm. Voor de doorsnede van de draad geldt dus:
 $A = \pi r^2 = 3,14 \cdot (0,1)^2 = 0,0314 \text{ mm}^2$.

Opdracht 11

Maak van deze metingen zo'n grafiek.

Zet horizontaal $\frac{1}{\text{doorsnede (in mm}^2\text{)}}$ uit en vertikaal de weerstand (in Ω).

Vraag 12

Welke vorm heeft de grafiek?

Wat kun je zeggen over het verband tussen weerstand en $\frac{1}{\text{doorsnede}}$?

Als je op vraag 12 het juiste antwoord hebt gegeven, dan begrijp je wel, dat het verband tussen weerstand en doorsnede **omgekeerd evenredig** wordt genoemd.

4

De theorie achter dit experiment.

Alle gevonden uitkomsten zijn met elkaar te combineren tot één formule. Daarin zitten alle gevonden verbanden tegelijk verwerkt.

Dit gaat als volgt:

als de weerstand R evenredig is met de lengte l , dus $R \approx l$ en tegelijk omgekeerd evenredig met de doorsnede A , dus $R \approx \frac{l}{A}$, dan geldt ook:

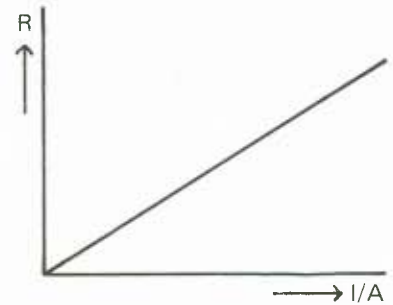
$$R \approx \frac{l}{A}$$

Blijkbaar is $\frac{R}{l/A}$ steeds konstant. Deze konstante geven we de letter ρ . (rho);
Spreek uit ro.

Wat deze ρ voorstelt, zul je nog ontdekken.

De formule wordt dan dus:

$$\rho = \frac{R}{l/A} \text{ óf anders: } R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$



De grafiek ziet er zo uit als hierboven.

Opdracht 13

Voor de stof konstantaan moet je drie bij elkaar horende waarden van R , l en A opzoeken. Kies de waarden die achter het sterretje (*) staan in tabel 2 en tabel 3. Vul de gevonden waarden in onderstaande tabel in.

Voor de stof konstantaan vond ik de volgende waarden:

Tabel 4

	l (in m)	A (in mm^2)	R (in Ω)	ρ (in $\frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$)
Tabel 2				
Tabel 2				
Tabel 3				

Opdracht 14

Bereken nu drie maal de waarde voor ρ met behulp van de waarden van l , A en R uit de tabel. Vul de gevonden drie waarden ook in tabel 4 in.

Je zult gemerkt hebben dat de uitkomsten alle drie ongeveer gelijk zijn. Doe je hetzelfde voor koper ook, dan komt er iets heel anders uit.

De uitkomst $\frac{R}{l/A}$ heeft kennelijk iets met de soort stof te maken.

We noemen die uitkomst de **soortelijke weerstand** van die stof. Het symbool is de Griekse letter ρ (zie ook formule).

Vul in:

Volgens mijn berekeningen is de soortelijke weerstand van konstantaan

(dus de uitkomst van $\frac{R}{l/A}$) ————— $\frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$

Stel dat je een metaaldraad hebt van 1 m lang en een doorsnede van 1 mm². Volgens de formule geldt dan:

$$\rho_{\text{metaal}} = \frac{R}{l/A}, \text{ dus } \rho_{\text{metaal}} = \frac{R}{1 \text{ m} / 1 \text{ mm}^2} = \frac{R}{1} = R \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$$

De soortelijke weerstand van een draad is dus gelijk aan de weerstand van deze draad als deze een lengte van 1 m en 1 mm² doorsnede heeft.

5

Slot van dit blad.

Deze nieuwe grootheid soortelijke weerstand is bedoeld om de weerstand van allerlei verschillende stoffen te kunnen vergelijken. Net zoals je de massa van stoffen kunt vergelijken, door van al die stoffen 1 cm³ te nemen (dit is de dichtheid van de stof), kun je pas de weerstand van stoffen vergelijken door van elke stof een even lange en even dikke draad te nemen, dus 1 meter lang en 1 mm² doorsnede. De weerstand van zo'n draad heet soortelijke weerstand.

Met de soortelijke weerstand van een stof als gegeven kun je de weerstand uitrekenen van elke willekeurige draad die van die stof is gemaakt.

Voor konstantaan geldt:

$$\rho_{\text{konstantaan}} = 0,45 \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2} \text{ (spreek uit 0,45 ohm per meter per vierkante millimeter).}$$

Een draad van 10 m lengte 1 mm² doorsnede heeft een weerstand van 4,5 Ω. Een draad van 1 m lengte en 0,5 mm² doorsnede heeft een weerstand van 0,9 Ω.

In formulevorm:

$$R = 0,45 \cdot \frac{10}{1} = 4,5 \Omega$$

$$R = 0,45 \cdot \frac{1}{0,5} = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \Omega.$$

Vraag 15

Probeer uit je eigen metingen de soortelijke weerstand van koper en ijzer te berekenen.

Vraag 16

Bereken de weerstand van een koperen elektriciteitsnoer van 20 m lang met een doorsnede van 2 mm².