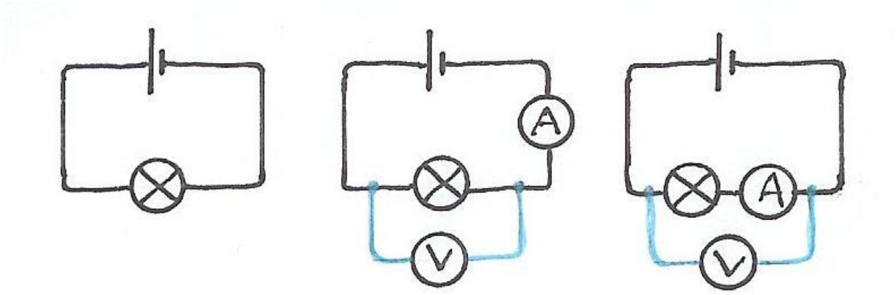
Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden:
óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.
Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar www.stevin.info. Alvast bedankt.

Opgaven 4.1 – De wet van Ohm

1		Gebruik $U = I \cdot R$ of $I = \frac{U}{R}$ of $R = \frac{U}{I}$	
	a	$R = \frac{U}{I} = \frac{60}{0{,}06} = 1000 = 1 \cdot 10^3 \Omega$	1 kΩ
	b	$R = \frac{U}{I} = \frac{0{,}6}{30 \cdot 10^{-3}} = 20 = 2 \cdot 10^1\ \Omega$	$2 \cdot 10^1$ Ω
	c	$R = \frac{U}{I} = \frac{20}{4 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^6\ \Omega$	5 MΩ
	d	$U = I \cdot R = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^3 = 35 = 4 \cdot 10^1$ V	$4 \cdot 10^1$ V
	e	$U = I \cdot R = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^6 = 40 = 4 \cdot 10^1$ V	$4 \cdot 10^1$ V
	f	$I = \frac{U}{R} = \frac{40}{2 \cdot 10^3} = 0{,}02 = 2 \cdot 10^{-2}$ A	$2 \cdot 10^{-2}$ A
2	***a***	$15 \cdot 10^{-9} = 1{,}5 \cdot 10^{-8}$ A	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$ A
	b	$R = \frac{U}{I} = \frac{30}{15 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^9 = 2{,}0 \cdot 10^9\ \Omega$	2,0 GΩ
	c	$R = \frac{U}{I} = \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-3}} = 2{,}0 \cdot 10^6\ \Omega$	2,0 MΩ
3	***a***	Spanningstoten van 80 V Stroomstoten van 80 A	–
	b	Die koelkast staat onder spanning.	–
	c	Hoeveel ampère gaat er door dat lampje? Hoeveel volt staat er over dat lampje?	–
	d	De spanning is uitgevallen.	–
4	***a***	1 is de voltmeter.	–
	b[1]	Er gaat 38 mA door de weerstand van 100 Ω. Daar staat dus 3800 mV = 3,8 V over. Dan staat er 2,2 V over de draad.	2,2 V
	b[2]	$G = \frac{I}{U} = \frac{38 \cdot 10^{-3}}{2{,}2} = 1{,}72..10^{-2}\ \text{S} \Rightarrow R = 57{,}9\ \Omega$	$1{,}73 \cdot 10^{-2}$ S
	b[3]	D = 0,10 mm $\Rightarrow$ A = $7{,}85 \cdot 10^{-9}$ m^2 $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{\ell} = \frac{57{,}89 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-9}}{1} = 4{,}5 \cdot 10^{-7}\ \Omega\text{m}$ en $\sigma = 2{,}2 \cdot 10^6$ S/m	$2{,}2 \cdot 10^6$ S/m $4{,}5 \cdot 10^{-7}$ Ωm
	c	$4{,}5 \cdot 10^{-7}$ Ωm = $0{,}45 \cdot 10^{-6}$ Ωm $\Rightarrow$ constantaan (tabel 9).	–

5 ***a***



–

b Drie extra snoertjes.
Eén om de ampèremeter in de kring op te nemen. En nog twee voor de voltmeter, aan weerszijden van het lampje — 3

6 ***a*** Van de pluspool van de batterij (lange streep) naar de minpool (korte streep). Met de wijzers van de klok mee. — Rechtsom

b 250 μA, zoveel als de stroommeter aanwijst. De stroomsterkte is overal in de kring even groot. — 250 μA

c $U_{\text{meter}} = I_{\text{kring}} \cdot R_{\text{meter}} = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 0{,}05 = 0{,}0500 \text{ V} = 50{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ — 50,0 mV

d In deze schakeling heeft de meter nauwelijks invloed op de spanning over de weerstand. Die is maar 0,050 V minder dan 12 V, een verschil van minder dan 0,5%. De meter is hier dus wel als ideaal te beschouwen. — –

7 ***a*** De elektronen gaan van de minpool naar de pluspool. Tegen de wijzers van de klok in. — linksom

b Tabel 7A: elementair ladingskwantum: $e = 1{,}6021765 \cdot 10^{-19}$ C — $1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C

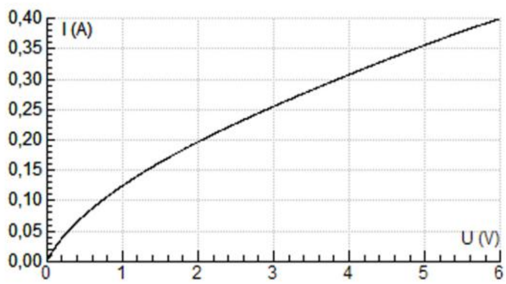
c $\frac{1}{1{,}602.. \cdot 10^{-19}} = 6{,}241.. \cdot 10^{18}$ elektronen. — $6{,}24 \cdot 10^{18}$

d $\Delta Q = I \cdot \Delta t = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 0{,}0025$ C
Er passeren $0{,}0025 \cdot 6{,}241.. \cdot 10^{18} = 1{,}560.. \cdot 10^{16} = 1{,}56 \cdot 10^{16}$ elektronen — $1{,}56 \cdot 10^{16}$

8 [1] is de voltmeter. Hij staat <u>naast</u> de kring. Hij meet de spanning over de linkerweerstand.
[2] is de ampèremeter. Hij staat <u>in</u> de kring, in serie met het lampje. Hij meet de stroomsterkte door het lampje. — –

9 ***a*** In koude toestand is de weerstand van de gloeidraad lager en laat hij een grotere stroomsterkte door. Dan kan hij eerder doorbranden. — –

b

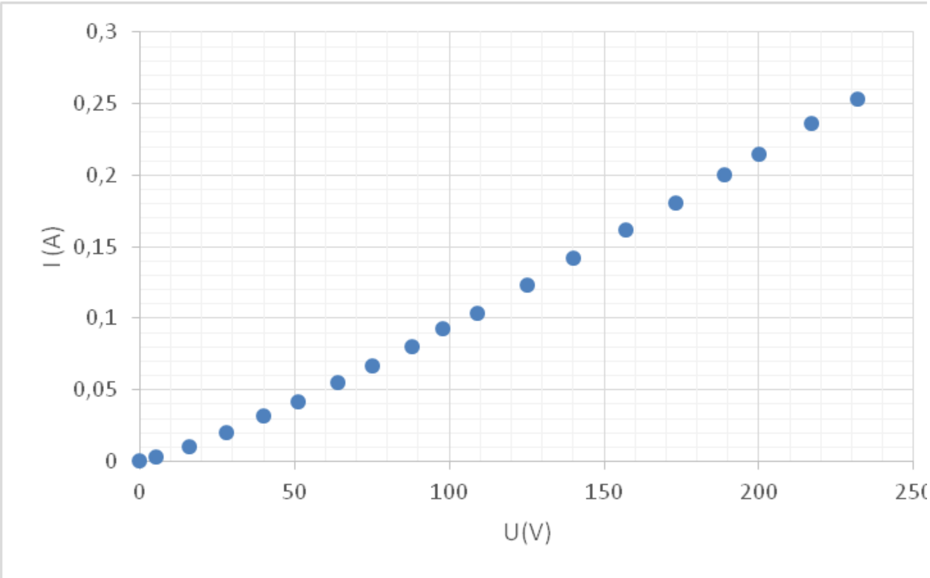


$R = \frac{U}{I}$

De toename van de spanning gaat sneller dan de toename van de stroomsterkte. — –

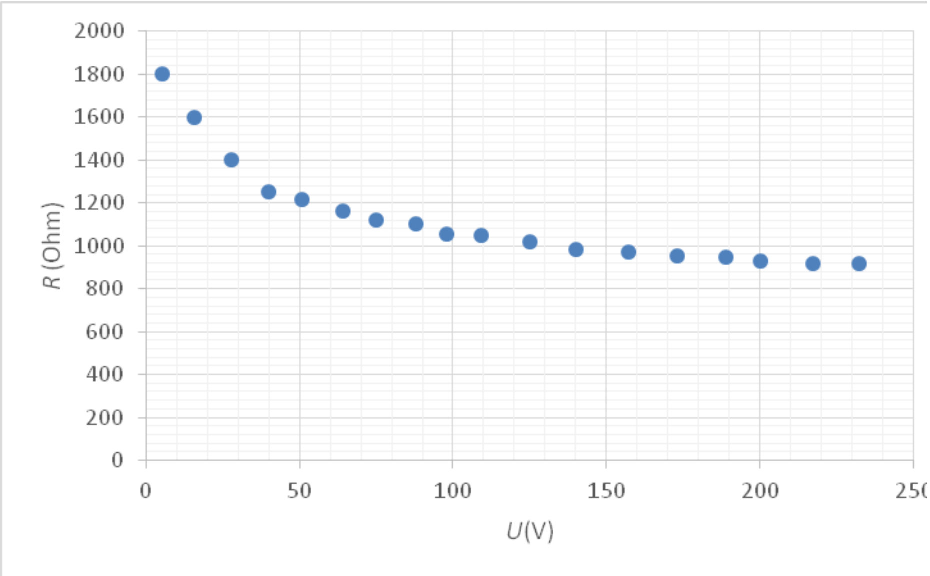
c Je ziet de draad langzaam gaan gloeien, want de weerstand wordt steeds kleiner en stroomsterkte dus groter. — –

d[1]

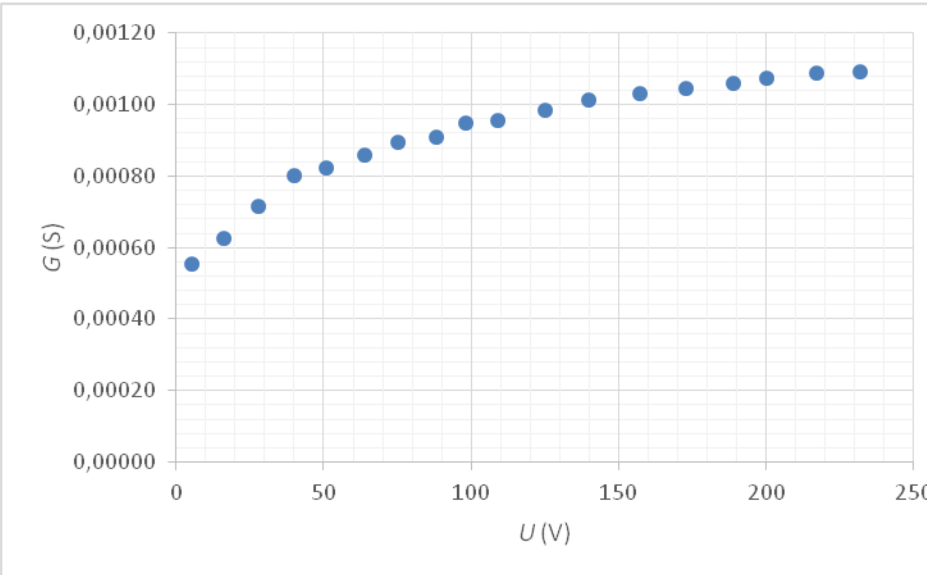


gemeten aan een kooldraadlamp

d[2]

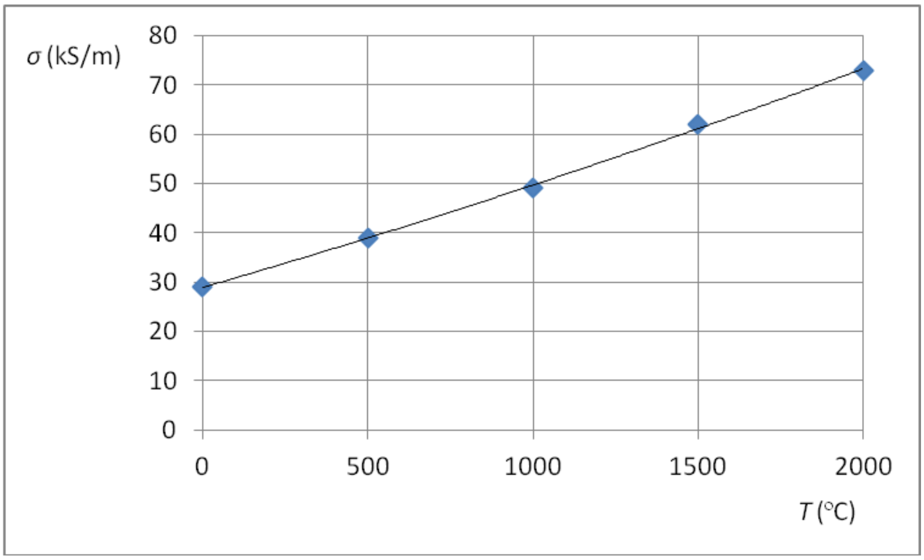


d[3]



10 ***a*** [ρ(10^{-6} Ωm; *T* (°C)]: (35; 0) (27; 500) (21;1000) (16; 1500) (13; 2000) ⇒
[σ(kS/m; *T* (°C)]: (29; 0) (37; 500) (48; 1000) (62; 1500) (77; 2000)

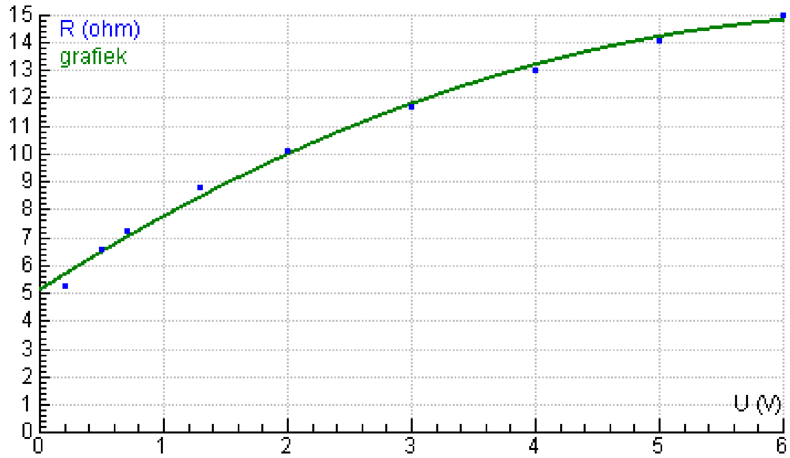
b



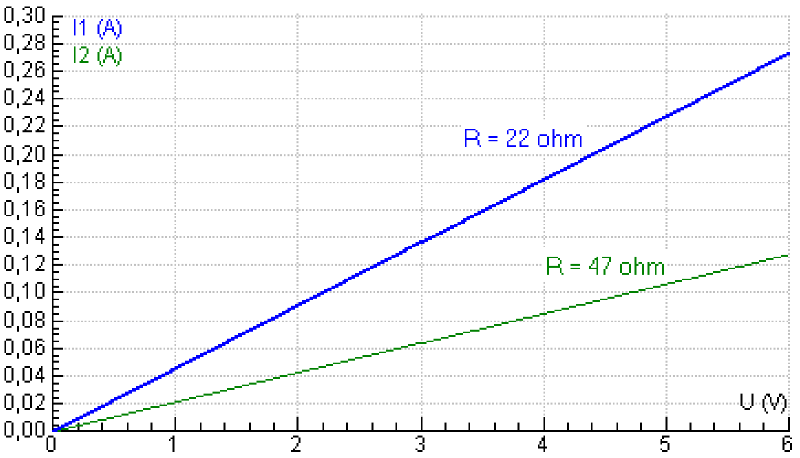
11 ***a***

U (V)	I (A)	$\frac{U}{I} = R$ (Ω)
0,20	0,038	5,3
0,50	0,076	6,6
0,70	0,097	7,2
1,30	0,149	8,7
2,00	0,197	10,2
3,00	0,256	11,7
4,00	0,308	13,0
5,00	0,358	14,0
6,00	0,400	15,0

b

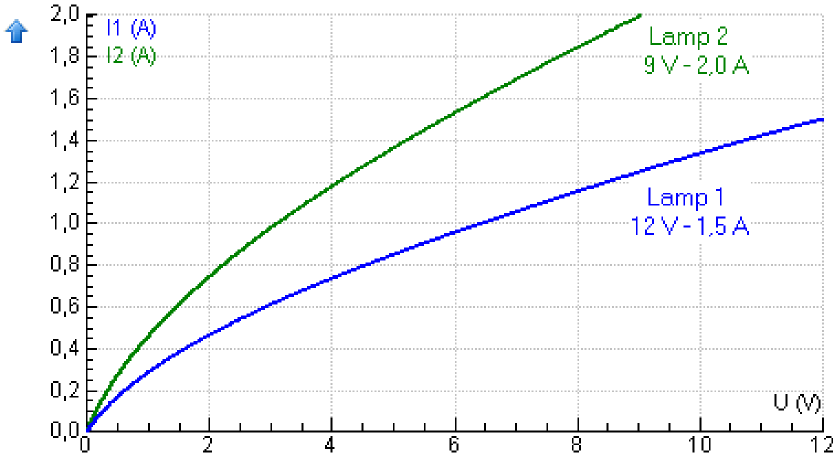


12 ***a***



–

b



–

13 ***a***

BINAS tabel 8 ρ(zilver) =$16 \cdot 10^{-9}$ Ωm (bij 273 K = 20 °C)
BINAS tabel 9 ρ(messing) = $0{,}07 \cdot 10^{-6}$ Ωm (bij 273 K = 20 °C)
BINAS tabel 10 ρ(diamant) = 10^{13} Ωm

–

b

$$\left.\begin{aligned}&\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}\\ &A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(0{,}30 \cdot 10^{-2}\right)^2 = 2{,}82.. \cdot 10^{-5}\ \text{m}^2\end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1{,}30 \cdot 10^3}{2{,}82.. \cdot 10^{-5}} = 0{,}781.. = 0{,}78\ \Omega$$

0,78 Ω

14 ***a***

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(2{,}0 \cdot 10^{-3}\right)^2 = 1{,}25.. \cdot 10^{-5} = 1{,}3 \cdot 10^{-5}\ \text{m}^2$$

$1{,}3 \cdot 10^{-5}$ m²

b

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{\ell} = \frac{6{,}4 \cdot 1{,}25.. \cdot 10^{-5}}{3{,}00 \cdot 10^3} = 2{,}68.. \cdot 10^{-8} = 2{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$$

$27 \cdot 10^{-9}$ Ωm

c

Aluminium (BINAS tabel 8) Al

d

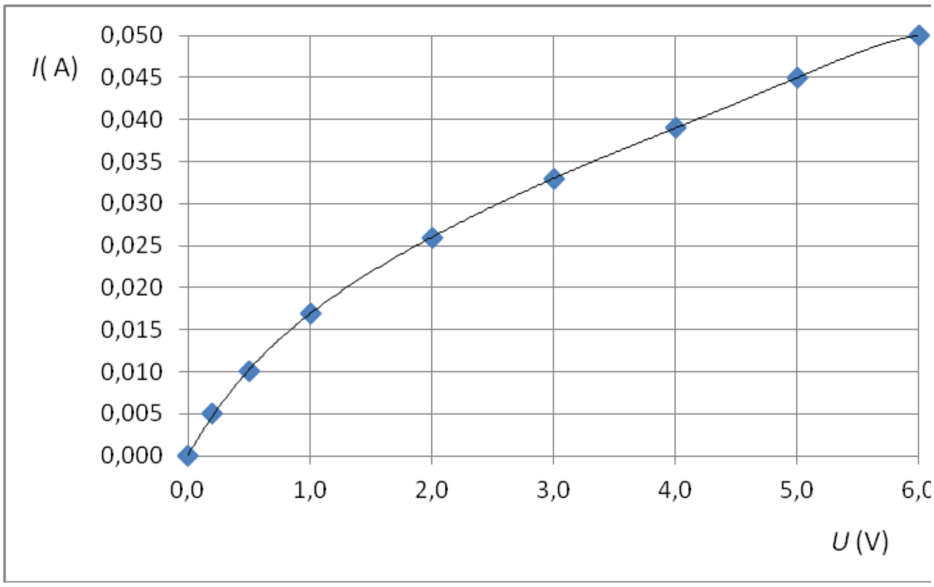
$$\left.\begin{aligned}&\rho_{\text{constantaan}} = 0{,}45 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}\\ &A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(0{,}10 \cdot 10^{-3}\right)^2 = 3{,}14.. \cdot 10^{-8}\ \text{m}^2\end{aligned}\right\}$$

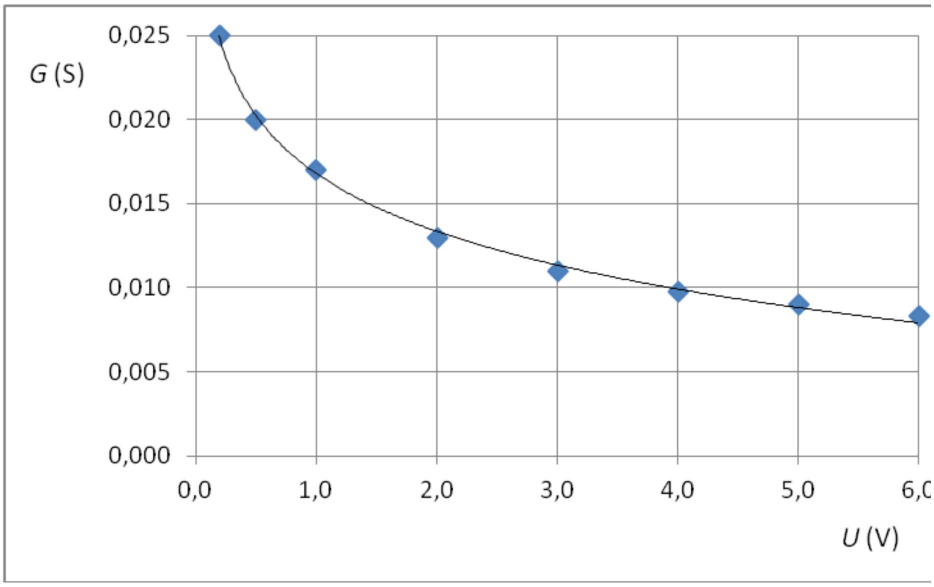
$$\Rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \Rightarrow \ell = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{100 \cdot 3{,}14.. \cdot 10^{-8}}{0{,}45 \cdot 10^{-6}} = 6{,}98.. = 7{,}0\ \text{m}$$

7,0 m

15	***a***	$A = \pi r^2 \Rightarrow 1{,}6 \cdot 10^{-6} = \pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{1{,}6 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = 7{,}13.. \cdot 10^{-4}\ \text{m}$ $\Rightarrow D = 2 \cdot r = 2 \cdot 7{,}13.. \cdot 10^{-4} = 1{,}42.. \cdot 10^{-3} = 1{,}4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$	1,4 mm
	b	$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{\ell} = \frac{21 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-6}}{30{,}00} = 1{,}12 \cdot 10^{-6} = 1{,}1 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}$	$1{,}1 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}$
	c	Nichroom (BINAS tabel 9)	nichroom
16	***a***	$\rho_{\text{grafiet}} = 10^{-5}\ \Omega\text{m}$ (BINAS tabel 10) $\Rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} = 10^{-5} \cdot \frac{10{,}0 \cdot 10^{-2}}{0{,}50 \cdot 10^{-6}} = 2\ \Omega$	2 Ω
	b	$G = R^{-1} = \frac{1}{2} = 0{,}5\ \text{S}$	0,5 S
	c	$\rho_{\text{glas}} = 10^{12}\ \Omega\text{m}$ (BINAS tabel 10) $\Rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} = 10^{12} \cdot \frac{0{,}10}{1 \cdot 10^{-4}} = 10^{15}\ \Omega$ $\Rightarrow G = R^{-1} = 10^{-15}\ \text{S}$	10^{-15} S
17	***a***	$R = 0{,}04(\text{m}) \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-5}(\Omega/\text{m}) = 8 \cdot 10^{-7}\ \Omega$ $\Rightarrow U = I \cdot R = 1{,}8 \cdot 10^{3} \cdot 8 \cdot 10^{-7} = 0{,}0014.. = 0{,}001\ \text{V}$	1 mV
	b	$\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$ (BINAS tabel 8) Voor 1 m draad geldt: $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^{-5} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9}}{A}$ $\Rightarrow A = \frac{17 \cdot 10^{-9}}{2{,}0 \cdot 10^{-5}} = 8{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2$ $A = \pi r^2 \Rightarrow 8{,}5 \cdot 10^{-4} = \pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{8{,}5 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0{,}0164..\ \text{m}$ $\Rightarrow D = 2 \cdot r = 2 \cdot 0{,}0164.. = 0{,}0328.. = 0{,}033\ \text{m}$	3,3 cm
18	***a***	Als *R* 12× zo klein wordt, wordt *G* 12× zo groot.	–
	b	(6 V; 0,30 W) hoort bij branden. $P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} \Rightarrow R_{\text{aan}} = 1{,}2 \cdot 10^{2}\ \Omega$ R_{uit} is 120× zo klein $\Rightarrow R_{\text{uit}} = 1{,}0\ \Omega$.	1,0 Ω
	c	$G_{\text{aan}} = 8{,}3 \cdot 10^{-3}$ S en $G_{\text{uit}} = 1{,}0$ S	1,0 S

d Zie de inleiding bij opgave **48**: “alle *I*(*U*)-grafieken van gloeilampen hebben dezelfde vorm.”
6 V; 0,30 W ⇒ *I* = 0,30/6 = 0,05 A
Schets eerst een *I*(*U*)-grafiek en bereken daarbij waarden van *G*.





Opgaven 4.2 - Serie en parallel

19 ***a*** [1] serie: R_v groter dan de grootste –

a [2] serie: G_v kleiner dan de kleinste –

b [1] parallel: R_v kleiner dan de kleinste –

b [2] parallel: G_v groter dan de grootste –

20 De bronspanning verdeelt zich over de drie weerstanden in serie:

$60 = U_{40\Omega} + 18 + 12 = U_{40\Omega} + 30 \Rightarrow U_{40\Omega} = 60 - 30 = 30 \text{ V}$

De stroomsterkte door de weerstand van 40 Ω

$I_{40\Omega} = \dfrac{U_{40\Omega}}{R} = \dfrac{30}{40} = 0,75 \text{ A}$

Dit is ook de stroomsterkte door de andere twee weerstanden:

$R_1 = \dfrac{U_1}{I} = \dfrac{18}{0,75} = 24\ \Omega$ en $R_2 = \dfrac{U_2}{I} = \dfrac{12}{0,75} = 16\ \Omega$

30 V
0,75 A
24 Ω
16 Ω

21 ***a*** Contact S staat helemaal naar rechts.

$R_v = \Sigma R = 20 + R_{schuif} + 10$ is maximaal als R_{schuif} maximaal is. –

b Voorbeeldberekening voor middenstand van S:

$R_v = 20 + 15 + 10 = 45\ \Omega$

$\Rightarrow I = \dfrac{U_b}{R_v} = \dfrac{60}{45} = 1{,}33.. = 1{,}3 \text{ A} \Rightarrow U_{10\Omega} = I \cdot R = 1{,}33.. \cdot 10 = 13{,}3.. = 13 \text{ V}$

stand S	R_v (Ω)	I (A)	U (V)
links	30	2,0	20
midden	45	1,3	13
rechts	60	1,0	10

–

22 Berekening U_b:

$$\left.\begin{aligned} U_b &= 4{,}2 + U_{5\Omega} \\ U_{5\Omega} &= I \cdot R = 0{,}40 \cdot 5{,}0 = 2{,}0 \text{ V} \end{aligned}\right\} \Rightarrow U_b = 4{,}2 + 2{,}0 = 6{,}2 = 6{,}2 \text{ V}$$

Berekening R_1:

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= \frac{U_{R_1}}{I} = \frac{U_{R_1}}{0{,}40} \\ U_{R_1} &= 6{,}2 - 6{,}0 = 0{,}2 \text{ V} \end{aligned}\right\} \Rightarrow R_1 = \frac{0{,}2}{0{,}40} = 0{,}5\ \Omega$$

Berekening R_2:

$$\left.\begin{aligned} R_2 &= \frac{U_{R_2}}{I} = \frac{U_{R_2}}{0{,}40} \\ U_{R_2} &= 6{,}0 - U_{5\Omega} = 6{,}0 - 2{,}0 = 4{,}0 \text{ V} \end{aligned}\right\} R_2 = \frac{4{,}0}{0{,}40} = 10\ \Omega$$

6,2 V
0,5 Ω
10 Ω

23 ***a*** [1] is de voltmeter, parallel geschakeld aan de weerstand van 1Ω.
[2] is de ampèremeter, in serie geschakeld met de weerstanden. –

b $R_v = 5 + 1 + 2 = 8\ \Omega$

$\Rightarrow I = \dfrac{U_b}{R_v} = \dfrac{12}{8} = 1{,}5 \text{ A}$

$\Rightarrow U_{1\Omega} = I \cdot R = 1{,}5 \cdot 1 = 1{,}5 \text{ V}$

1,5 V
1,5 A

c Eerst de totale weerstand in de kring berekenen:

$R_\mathrm{v} = \dfrac{U_\mathrm{b}}{I} = \dfrac{12}{0,3} = 40\ \Omega$

$R_\mathrm{v} = \Sigma R \Rightarrow 40 = 5 + 1 + R_3 \Rightarrow R_3 = 34\ \Omega$

34 Ω

d $U_{1\Omega} = I \cdot R = 0,3 \cdot 1 = 0,3\ \mathrm{V}$

0,3 V

e De stroomkring is verbroken. Er loopt geen stroom meer. I = 0 A

$U_{1\Omega} = I \cdot R = 0$, want $I = 0$ A Er is geen spanningsverschil meer over de weerstanden. Alle spanning staat over het gat, de open schakelaar.

0 A
0 V

24 ***a*** De kring is gesloten.

$$\left.\begin{aligned} & R_\mathrm{v} = \Sigma R = 10 + 40 = 50\ \Omega \\ & \Rightarrow I = \frac{U_\mathrm{b}}{R_\mathrm{v}} = \frac{20}{50} = 0,4 = 0,40\ \mathrm{A} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} & U_1 = I \cdot R_{10\Omega} = 0,4 \cdot 10 = 4,0\ \mathrm{V} \\ & U_2 = I \cdot R_{40\Omega} = 0,4 \cdot 40 = 16\ \mathrm{V} \end{aligned}$$

0,40 A
4,0 V
16 V

b De stroomkring is verbroken. Er loopt geen stroom meer. I = 0 A

$U_2 = U_R = I \cdot R = 0$, want $I = 0$ A Er is geen spanningsverschil meer over de weerstanden. Alle spanning staat over het gat, de open schakelaar: U_1 = 20 V

0 A
20 V
0 V

c Eerst de stroomsterkte in de kring berekenen:

$$\left.\begin{aligned} & I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_2}{40} \\ & U_2 = 20 - U_1 = 20 - 8 = 12\ \mathrm{V} \end{aligned}\right\} \Rightarrow I = \frac{12}{40} = 0,3\ \mathrm{A}$$

$\Rightarrow R_1 = \dfrac{U_1}{I} = \dfrac{8}{0,3} = 26,6.. = 27\ \Omega$

27 Ω

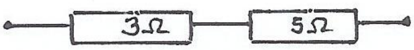
25 Bij weerstanden die parallel staan, wordt de stroomsterkte verdeeld.

–

26 Vervanging links: $R_{\mathrm{v}1} = \frac{1}{3} \cdot 9 = 3\ \Omega$, want het zijn drie <u>gelijke</u> weerstanden.

Vervanging rechts: $R_{\mathrm{v}2} = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5\ \Omega$, want het twee <u>gelijke</u> weerstanden.

Dit geeft als vervangende serieschakeling:



Dan $R_\mathrm{v} = R_{\mathrm{v}1} + R_{\mathrm{v}2} = 3 + 5 = 8 = 8\ \Omega$

8 Ω

27 $I = U \cdot G$ Er is niet veel aan af te leiden, het is de definitie van G.

–

$R = \rho \cdot \dfrac{\ell}{A} \Rightarrow G = \sigma \cdot \dfrac{A}{\ell}$ met $\sigma = \dfrac{1}{\rho}$

$\rho_\mathrm{koper} = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\mathrm{m}$ (tabel 8 van *Binas*)

$D = 0,20$ mm $\Rightarrow A_\text{één draad} = 3,14 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{m}^2 \Rightarrow A_\mathrm{tien} = 3,14 \cdot 10^{-7}$

Alles invullen geeft: G = 62 S

62 S

Zeewater geleidt stroom beter dan kraanwater, dus G is groter.

–

28 1.

$R_v = R_1 + R_2 = 40 + 60\cdot 10^3 = 60040 = 60\cdot 10^3\ \Omega$

De tweede weerstand is veel groter dan de eerste. De stroomsterkte wordt vooral bepaald door deze tweede weerstand.

2.

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{60\cdot 10^3} = 0{,}0250.. \Rightarrow R_v = \frac{1}{0{,}0250..} = 39{,}9.. = 40\ \Omega$$

De onderste weerstand is veel groter dan de bovenste. Bijna alle stroom gaat door de bovenste weerstand.

3.

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = 0{,}0183.. \Rightarrow R_v = \frac{1}{0{,}0183..} = 54{,}54.. = 54{,}5\ \Omega$$

4

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{2\cdot 10^3} + \frac{1}{3\cdot 10^6} = 0{,}1005.. \rightarrow R_v = \frac{1}{0{,}1005..} = 9{,}95.. = 10\ \Omega$$

Deze uitkomst kun je ook begrijpen als je ziet dat de twee onderste weerstanden erg veel groter zijn dan de bovenste. Bijna alle stroom zal door de bovenste weerstand gaan.

60 kΩ
40 Ω
54,5 Ω
10 Ω.

---

29 ***a*** Eerst de spanning tussen P en Q berekenen:

$U_{PQ} = I_1 \cdot R_1 = 0{,}60 \cdot 100 = 60\ \text{V}$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{PQ}}{R_2} = \frac{60}{200} = 0{,}3 = 0{,}30\ \text{A}$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 = 0{,}60 + 0{,}30 = 0{,}90\ \text{A}$$

Of:
In de onderste tak is weerstand 2x zo groot als in de bovenste tak. De spanning U_{PQ} over beide takken is gelijk. Dus de stroomsterkte onder is 2x zo klein. Enzovoorts.

0,30 A
0,90 A

b *1e manier (vervangingsweerstand)*

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{1}{R_v} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} = \dfrac{1}{30} + \dfrac{1}{50} = 0{,}0533.. \\ \Rightarrow R_v = \dfrac{1}{0{,}0533..} = 18{,}75\ \Omega \\ \Rightarrow U_{PQ} = I \cdot R_v = 0{,}15 \cdot 18{,}75 = 2{,}81..\ \text{V} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} I_1 = \dfrac{U_{PQ}}{R_1} = \dfrac{2{,}81..}{30} = 0{,}0937.. = 0{,}094\ \text{A} \\ I_2 = \dfrac{U_{PQ}}{R_2} = \dfrac{2{,}81..}{50} = 0{,}0562.. = 0{,}056\ \text{A} \end{array}$$

0,094 A
0,056 A

2e manier (verhoudingen)
De hoofdstroom verdeelt zich in twee takstromen. De kleinste weerstand laat de meeste stroom door. De verhouding van de stromen is 5 (boven) : 3 (onder).

In de bovenste tak $I_1 = \frac{5}{8} \cdot 0{,}15 = 0{,}0937.. = 0{,}094\ \text{A}$

In de bovenste tak $I_2 = \frac{3}{8} \cdot 0{,}15 = 0{,}0562.. = 0{,}056\ \text{A}$

---

30 Eerst de totale (vervangings)weerstand van de kring berekenen:

De hoofdstroom is $I = 1{,}2\ \text{A}$ en de bronspanning $U_b = 12\ \text{V}$

De totale vervangingsweerstand van de kring is

$$\left.\begin{array}{l} \text{Hoofdstroom } I = 1{,}2\ \text{A} \\ \text{Bronspanning } U_b = 12\ \text{V} \end{array}\right\} \Rightarrow R_{v,kring} = \frac{U_b}{I} = \frac{12}{1{,}2} = 10\ \Omega$$

De vervanging van de paralleltakken bereken je met

$$\frac{1}{R_{v,takken}} = \frac{1}{2{,}0 + 3{,}0} + \frac{1}{10 + 10} = 0{,}25 \Rightarrow R_{v,takken} = 4\ \Omega$$

$$\Rightarrow R = R_{v,kring} - R_{v,takken} = 10 - 4 = 6\ \Omega$$

6 Ω

---

31 ***a*** I_1 < 120 mA
want de paralleltak met de grootste weerstand laat de minste stroom door.

< 120 mA

b Berekening takstroom I_1:
De spanning $U = I \cdot R$ over beide paralleltakken is gelijk.

$$I_1 \cdot 60 = 0{,}120 \cdot 20 \Rightarrow I_1 = \frac{0{,}120 \cdot 20}{60} = 0{,}04 = 0{,}040 \text{ A}$$

Berekening hoofdstroom I :

$$I = I_1 + I_2 = 0{,}040 + 0{,}120 = 0{,}160 \text{ A}$$

Berekening bronspanning U_b:
Eerst de vervangingsweerstand van de paralleltakken berekenen:

$$\frac{1}{R_{v,takken}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} = 0{,}0666.. \Rightarrow R_{v,takken} = \frac{1}{0{,}0666..} = 15\ \Omega$$

en de vervangingsweerstand van de kring:

$$R_v = R_{v,takken} + R = 15 + 20 = 35\ \Omega$$

Dan $U_b = I \cdot R_v = 0{,}160 \cdot 35 = 5{,}6$ V

40 mA
160 mA
5,6 V

32 ***a*** De ampèremeters A en A_1:
A_1 geeft een takstroom aan. Beide takken zijn identiek. Dus A_1 geeft 2,0 A aan.
A geeft de hoofdstroom aan, de som van de twee takstromen. A geeft 4,0 A aan.
De voltmeters V_1 en V_2:
In beide takken zijn de lampjes identiek, dus in elke tak wordt de spanning U_b gelijk verdeeld over beide lampjes: $U_1 = U_2 = \frac{10}{2} = 5 = 5{,}0$ V

4,0 A
2,0 A
5,0 V
5,0 V

b[1] Die verandert niet. De spanning over en de weerstand in die tak veranderen niet.

–

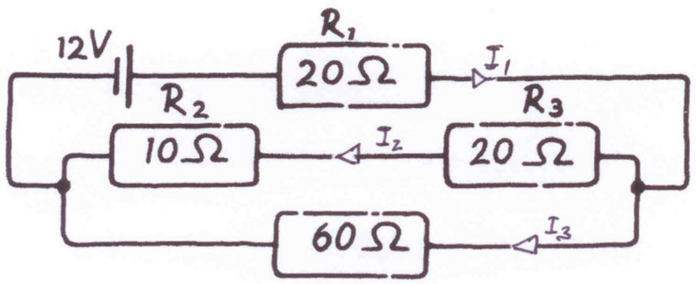
b[2] De bovenste paralleltak is onderbroken. Daar loopt geen stroom: I_1 = 0 A. Er is daar dus ook geen spanning over de lampjes: U_1 = 0 V
In de onderste paralleltak is niets veranderd. Nog steeds $U_2 = \frac{10}{2} = 5 = 5{,}0$ V
De hoofdstroom is gelijk aan de stroom in de onderste paralleltak. $I = I_2 = 2{,}0$ A

2,0 A
0 A
0 V
5,0 V

c Voltmeter [1] meet de spanning over het 'gat', dus de totale bronspanning. U_1 = 10 V.
De andere meters wijzen hetzelfde als in de vorige vraag.
I = 2,0 A; I_1 = 0 A; U_1 = 10 V; U_2 = 5,0 V

2,0 A
0 A
10 V
5,0 V

33



De stroomwet:
$I_1 = I_2 + I_3$
De spanningswet:
$12 = 20 \cdot I_1 + (10 + 20) \cdot I_2$ en $12 = 20 \cdot I_1 + 60 \cdot I_3 \Rightarrow (10 + 20) \cdot I_2 = 60 \cdot I_3 \Rightarrow I_2 = 2 \cdot I_3$
Dit resultaat krijg je ook door de spanningswet op de onderste lus toe te passen:
$(10 + 20) \cdot I_2 - 60 \cdot I_3 = 0$
Combineren:
$I_1 = 3 \cdot I_3$ dus: $12 = 20 \cdot 3 \cdot I_3 + 60 \cdot I_3 = 120 \cdot I_3 \Rightarrow I_3 = 0{,}10$ A $\Rightarrow$
$I_2 = 0{,}20$ A en $I_1 = 0{,}30$ A

0,30 A
0,20 A

34 ***a***

$12 = 10 \cdot I_1 + 20 \cdot I_2$ (1)
$24 = + 20 \cdot I_2 + 20 \cdot I_3$ (2)
$12 - 24 = 10 \cdot I_1 - 20 \cdot I_3$ (3)

$I_1 = I_2 - I_3$ (4)

–

b Als je de regels (2) en (3) optelt, krijg je regel (1).

–

	c	Combineer (4) met (1) $\Rightarrow$ $12 = 10\cdot(I_2 - I_3) + 20\cdot I_2$ $\Rightarrow$ $12 = 30\cdot I_2 - 10\cdot I_3$ $\|2\times\|$ $\Rightarrow$ $24 = 60\cdot I_2 - 20\cdot I_3$ $24 = 20\cdot I_2 + 20\cdot I_3$ $\|3\times\|$ $\Rightarrow$ $72 = 60\cdot I_2 + 60\cdot I_3$ $72 - 24 = 48 = 80\cdot I_3$ $\Rightarrow$ $I_3 = 0{,}6$ A $\Rightarrow$ $24 = 60\cdot I_2 - 20\cdot 0{,}6$ $\Rightarrow$ $I_2 = 0{,}60$ A en $I_1 = 0$ A	0 A 0,60 A 0,60 A
	d	$9 = 10\cdot I_1 + 20\cdot I_2$ (1) $24 = \quad + 20\cdot I_2 + 20\cdot I_3$ (2) $9 - 24 = 10\cdot I_1 \quad - 20\cdot I_3$ (3) Blijft overbodig. $I_1 = I_2 - I_3$ (4) Combineer (4) met (1) $\Rightarrow$ $9 = 10\cdot I_2 - 10\cdot I_3 + 20\cdot I_2$ $\Rightarrow$ $9 = 30\cdot I_2 - 10\cdot I_3$ $\|2\times\|$ $\Rightarrow$ $18 = 60\cdot I_2 - 20\cdot I_3$ $24 = 20\cdot I_2 + 20\cdot I_3$ $\|3\times\|$ $\Rightarrow$ $72 = 60\cdot I_2 + 60\cdot I_3$ $72 - 18 = 54 = 80\cdot I_3$ $\Rightarrow$ $I_3 = 0{,}675$ A $\Rightarrow$ $18 = 60\cdot I_2 - 20\cdot 0{,}675$ $\Rightarrow$ $I_2 = 0{,}525$ A en $I_1 = 0{,}525 - 0{,}675 = -0{,}15$ A A	−0,15 A 0,525 A 0,675 A
35	**a**	De *G* van het ondergedompelde stuk wordt groter, dus ook van de hele kring.	–
	b	*I* wordt daardoor groter, dus ook in het stuk boven water.	–
	c	*I* wordt ten slotte zo groot dat de draad doorbrandt.	–

Opgaven 4.3 − De huisinstallatie

36 ***a*** De weerstand in de kring is 'oneindig' groot. Er loopt dan geen stroom — −

b De stroomsterkte is te klein.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{30 \cdot 10^6} = 7{,}66.. \cdot 10^{-6}\ \text{A} = 7{,}7\ \mu\text{A}$$

De aardlekschakelaar reageert pas als de stroomsterkte van de weggelekte stroom groter is dan 30 mA. — −

c Neen.
Een aansluiting van de scheidingstransformator vormt met aarde geen gesloten kring. — −

d¹ In de stroomkring staan drie weerstanden:

- de beveiligingsweerstand van (door vocht) nu 50 kΩ.
- de overgangsweerstand van de natte huid: 5 kΩ per cm^2 (= 100 mm^2), dus op 10 mm^2 contactoppervlak is die weerstand 10 x 5 = 50 kΩ
- de weerstand van de twee voeten naast elkaar: $R_{\text{over2}} = \frac{150}{2} = 75\ \text{k}\Omega$

$$R_v = 50 + 50 + 75 = 175\ \text{k}\Omega$$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R_v} = \frac{230}{175 \cdot 10^3} = 1{,}314.. \cdot 10^{-3} = 1{,}31 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$$

— 1,3 mA

d² Zeer lang.
In gebied 2 alleen kriebeling of misschien onaangename kramp, maar geen levensgevaar — −

37

$$P = U \cdot I = 45 \cdot 40 = 1800 = 1{,}8 \cdot 10^3\ \text{W}$$

— 1,8 kW

38 ***a*** *1^e^ manier*

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{40}{230} = 0{,}173..\ \text{A}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0{,}173..} = 1322,.. = 1{,}3 \cdot 10^3\ \Omega$$

2^e^ manier

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{40} = 1322,.. = 1{,}3 \cdot 10^3\ \Omega$$

— 1,3 kΩ

b

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$$

$$\Rightarrow 10 = \frac{U^2}{22} \Rightarrow U^2 = 10 \cdot 22 = 220 \Rightarrow U = \sqrt{220} = 14{,}8.. = 15\ \text{V}$$

— 15 V

39 ***a***

$$E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = 12(\text{V}) \cdot 45(\text{A}) \cdot 60 \cdot 60(\text{s}) = 1{,}94.. \cdot 10^6 = 1{,}9 \cdot 10^6\ \text{J}$$

— 1,9 MJ

b *1^e^ manier*

$$t = \frac{E}{P} = \frac{1{,}94.. \cdot 10^6}{10} = 1{,}94.. \cdot 10^5\ \text{s} = \frac{1{,}94.. \cdot 10^5}{3600}\ \text{h} = 54\ \text{h}$$

2^e^ manier

$$I_{\text{lampje}} = \frac{P}{U} = \frac{10}{12} = 0{,}833..\ \text{A}$$

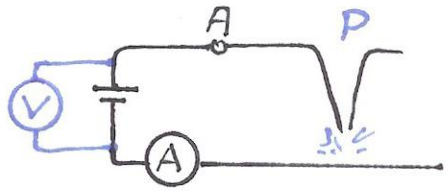
$$\Rightarrow t = \frac{45\ (\text{Ah})}{0{,}833..\ (\text{A})} = 54\ \text{h}$$

— 54 uur

40	***a***	Gebruik hier $P\left(=U\cdot I\right)=I^2\cdot R$ In een serieschakeling is I door alle weerstanden gelijk, dus $P\sim R$ $P_{20}:P_{30}:P_{70}=20:30:70=2:3:7=1:\frac{3}{2}:\frac{7}{2}$	1 : 1,5 : 3,5
	b	Gebruik hier $P\left(=U\cdot I\right)=\dfrac{U^2}{R}$ In een parallelschakeling is de spanning over alle weerstanden gelijk, dus $P \propto \dfrac{1}{R}$ $P_{20}:P_{30}:P_{70}=\frac{1}{20}:\frac{1}{30}:\frac{1}{70}=\frac{1}{2}:\frac{1}{3}:\frac{1}{7}=\frac{7}{2}:\frac{7}{3}:1$	3,5 : 2,3 : 1
41	***a***	Door beide lampen is de stroomsterkte even groot. Als de lamp links normaal brandt: $P=U\cdot I\Rightarrow I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{3}{6}=0{,}5\text{ A}$	0,5 A
	b	$P=U\cdot I=230\cdot 0{,}5=115\text{ W}$ 100 W ligt daar het dichtst bij.	100 W
42	***a***	$P\left(=U\cdot I\right)=\dfrac{U^2}{R}=\dfrac{230^2}{100}=529=529\text{ W}$	529 W
	b	$Q=E=P\cdot t=529\text{ (W)}\cdot 24\cdot 60\cdot 60\text{ (s)}=4{,}57..\cdot 10^7=4{,}6\cdot 10^7\text{ J}$ of $Q=E=P\cdot t=0{,}529\text{ (kW)}\cdot 24\text{ (h)}=12{,}6..=13\text{ kWh}$	$4{,}6\cdot 10^7$ J 13 kWh
43	***a***[1]	$P=U\cdot I=1500\cdot 313=4{,}695..\cdot 10^5=4{,}70\cdot 10^5\text{ W}$	$4{,}70\cdot 10^5$ W
	a[2]	$E=P\cdot t=4{,}695..\cdot 10^5\text{ (W)}\cdot 0{,}5\cdot 60\cdot 60\text{ (s)}=8{,}45..\cdot 10^8=8{,}5\cdot 10^8\text{ J}$ of $E=P\cdot t=4{,}695..\cdot 10^2\text{ (kW)}\cdot 0{,}5\text{ (h)}=2{,}34..\cdot 10^2=2{,}3\cdot 10^2\text{ kWh}$	$8{,}5\cdot 10^8$ J $2{,}3\cdot 10^2$ kWh
	b	$2{,}3475..\cdot 10^2\times 0{,}10=23{,}4..=€\ 23$	€ 23
	c	Het elektrische vermogen is tijdens de terugrit $P=U\cdot I=1500\cdot 67=1{,}00..10^5\text{ W}$ De terugrit duurt op halve snelheid twee keer zo lang, dus 1 uur. Energiegebruik $E=P\cdot t=1{,}00..\cdot 10^2\text{ (kW)}\cdot 1\text{ (h)}=1{,}00..\cdot 10^2\text{ (kWh)}$ Dat kost nu $1{,}005\cdot 10^2\cdot 0{,}10=10{,}0..=€10$	€ 10
44	***-***	- Bij kortsluiting is de stroomsterkte zeer veel groter dan bij overbelasting. Het gevaar van oververhitting van de draden en daardoor brand is daarbij zeer veel groter. - Door hetzelfde effect dat kortsluiting veroorzaakt, komt soms ook de buitenzijde van een apparaat onder spanning te staan. Dat is bij aanraking levensgevaarlijk.	–

Opgaven hoofdstuk 4

45 a



b De gemeten weerstand is $R=\frac{U}{I}=\frac{60}{0,35}=171,..\ \Omega$

Dit komt overeen met een kabellengte $\frac{171,..}{13}=13,1..\text{ km}$. — 6,6 km

Dat is voor heen én terug. Dus $AP=\frac{13,1..}{2}=6,59..=6,6\text{ km}$

46 a Eerst de weerstand van de kabel berekenen: — 45 mV

$$\left.\begin{array}{l} l=0,70\text{ m} \\ A=\pi r^2=\pi\cdot\left(0,25\cdot10^{-2}\right)^2=1,96..\cdot10^{-5}\text{ m}^2 \\ \rho_{\text{koper}}=17\cdot10^{-9}\ \Omega\text{m (Binas tabel 8)} \end{array}\right\}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{\text{kabel}}=\rho\cdot\frac{l}{A}=17\cdot10^{-9}\cdot\frac{0,70}{1,96..\cdot10^{-5}}=6,06..\cdot10^{-4}\ \Omega$$

$$\Rightarrow U=I\cdot R_{\text{kabel}}=75\cdot6,06..\cdot10^{-4}=0,0454..=0,045\text{ V}$$

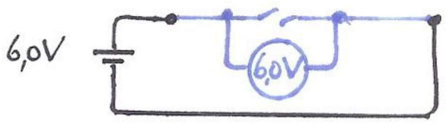
b — –

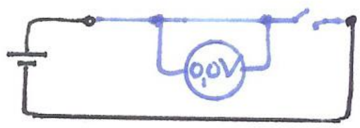
$$\left.\begin{array}{l} R=\frac{U}{I}=\frac{6,0}{0,60}=10\ \Omega \\ A=\pi r^2=\pi\cdot\left(0,075\cdot10^{-3}\right)^2=1,76..\cdot10^{-8}\text{ m}^2 \\ \rho_{\text{koper}}=17\cdot10^{-9}\ \Omega\text{m} \end{array}\right\}\Rightarrow R=\rho\frac{\ell}{A}\Rightarrow10=17\cdot10^{-9}\frac{\ell}{1,76..\cdot10^{-8}}$$

$$\Rightarrow\ell=\frac{10\cdot1,76..\cdot10^{-8}}{17\cdot10^{-9}}=10,39..=10\text{ m}\ \text{ Klopt.}$$

c $U=\frac{l_{\text{deel}}}{l_{\text{totaal}}}\cdot U_{\text{totaal}}=\frac{0,50}{10,39..}\cdot6,0=0,288..=0,29\text{ V}$ — 0,29 V

d Als de stroomkring verbroken wordt, staat de volledige spanning over het gat. — 0 V of 6,0 V





Als de voltmeter over het gat aangesloten was, wijst hij 6,0 V aan.
Was hij aangesloten naast het gat, dan wijst hij 0 V aan.

47 ***a*** *Spanning U_{bron} omlaag*

Op t = 2,5 s wordt de stroomsterkte flink lager. Dan koelt de gloeidraad af, de weerstand van de gloeidraad wordt daardoor kleiner en de stroomsterkte neemt weer iets toe.

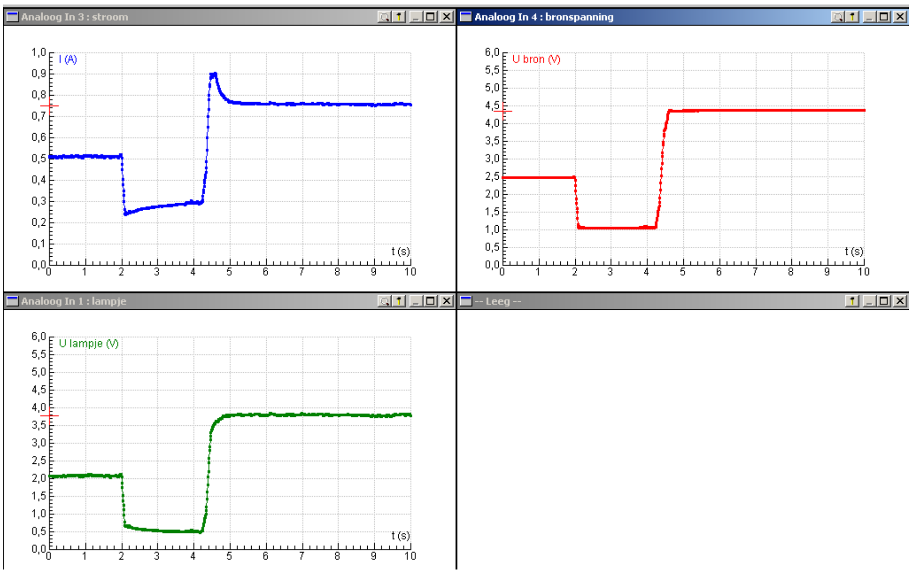
Spanning U_{bron} omhoog

Op t = 6,0 s neemt de stroomsterkte door de wat afgekoelde gloeidraad flink toe. De gloeidraad stijgt daardoor in temperatuur, de weerstand ervan wordt hoger en de stroomsterkte neemt weer wat af.
De stroomsterkte blijft afnemen totdat er een temperatuurevenwicht ontstaat. Vanaf dat moment zijn de weerstand en de stroomsterkte constant.

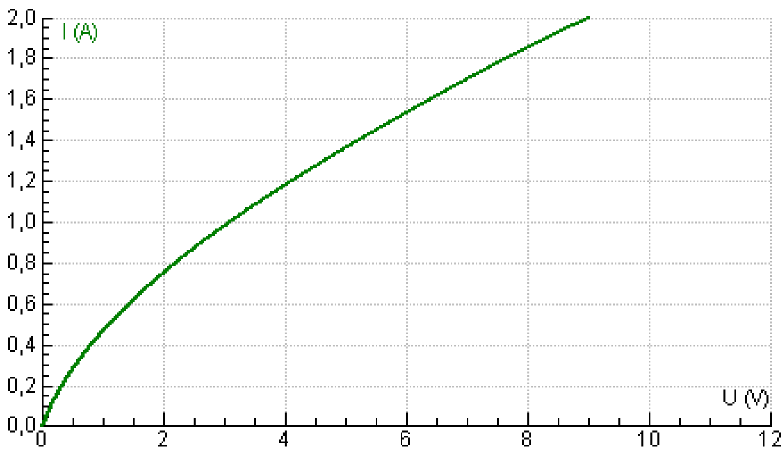
b Voor dit antwoord is een nieuwe meting gedaan. De hulpweerstand en het lampje staan in serie. De hulpweerstand was 1 Ω.

Je kunt nagaan dat $U_{\text{bron}} = U_{\text{hulpweerstand}} + U_{\text{lampje}}$

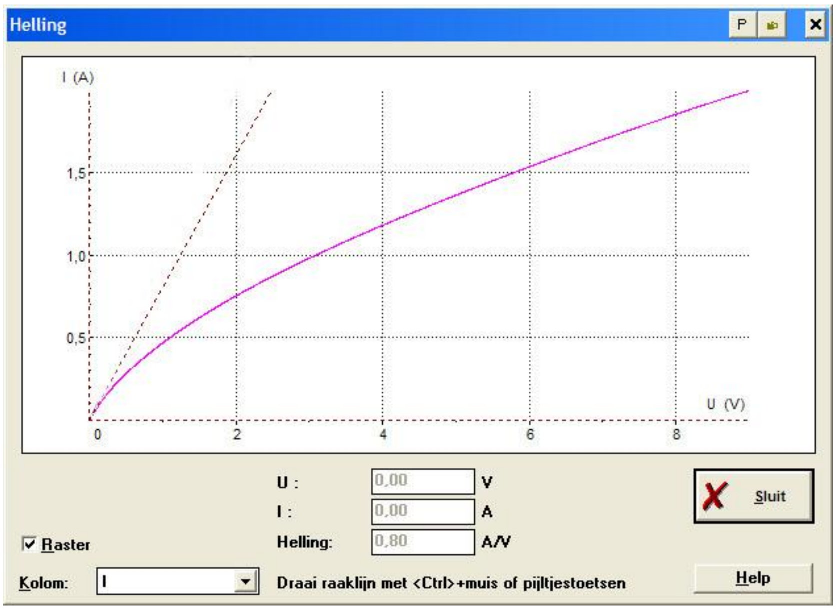
De gevraagde grafiek is de groene links onder.



48 ***a***



b



–

c Draad op kamertemperatuur bij I = 0 A. De weerstandswaarde is gelijk aan de steilheid van de raaklijn bij U = 0 V.

Dan $R = \dfrac{\Delta U}{\Delta I} = \dfrac{2{,}0}{1{,}6} = 1{,}25 = 1{,}3\ \Omega$

1,3 Ω

49 ***a*** Het volume $V = l \cdot A$ van de draad verandert niet.
Als l 3× zo lang wordt, wordt A 3× zo klein.

3

b In $R = \rho \cdot \dfrac{l}{A}$ wordt de teller 3× groot en de noemer 3× zo klein.

De breuk, dus R, wordt dan $3^2 = 9\times$ zo groot.

9 x zo groot

c De weerstand is $\frac{150}{100} = 1{,}5\times$ zo groot geworden.

De lengte is dan $\sqrt{1{,}5} = 1{,}22..\times$ zo groot geworden.

(En het oppervlak van de doorsnede $\sqrt{1{,}5} = 1{,}22..\times$ zo klein.)

1,2 x

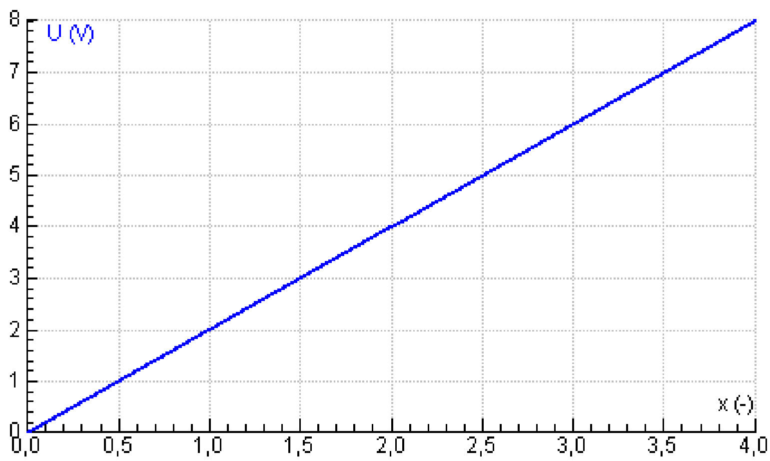
50 ***a***[1] In de stroomkring is steeds de hele weerstand van 80 Ω opgenomen.

$I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{8}{80} = 0{,}1\ \text{A}$

Via de (ideale) voltmeter wordt geen stroom afgetakt. De positie van het schuifcontact speelt geen rol.

–

a[2] $U = I \cdot R_x = 0{,}1 \cdot \left(\frac{x}{4} \cdot 80\right) = 2 \cdot x$

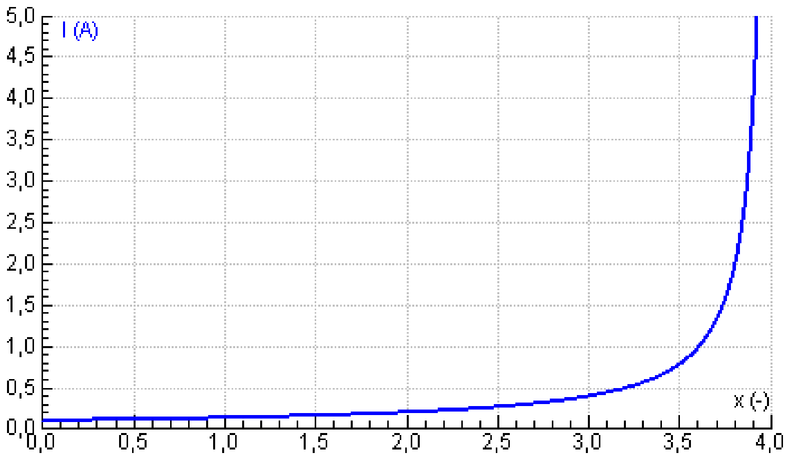


***b*[1]** De voltmeter is aan de linkerkant rechtstreeks verbonden met de minpool van de batterij en aan de rechterkant via de ampèremeter met de pluspool van de batterij. Een (ideale) ampèremeter heeft geen weerstand, dus rechts is de voltmeter eigenlijk ook rechtstreeks verbonden met de batterij. De positie van het schuifcontact speelt geen rol. –

***b*[2]** Als het schuifcontact ver naar rechts dicht bij de [4] staat, wordt maar een klein stukje van de weerstand gebruikt. De stroomsterkte in het rechterdeel van de schuifweerstand kan erg groot worden.
De schuifweerstand kan doorbranden en/of de ampèremeter kan overbelast worden en stuk gaan. –

***b*[3]**

$$I = \frac{U}{R_{4-x}} = \frac{8}{\frac{4-x}{4}\cdot 80} = \frac{0,4}{4-x}$$



–

51 ***a*** $I_1 + I_2 + I_3 + 20 = 100 \text{ mA} \Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = 100 - 20 = 80 \text{ mA}$ 80 mA

b

$$\frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{800} = 0,009583..$$

$$\Rightarrow R_V = \frac{1}{0,009583..} = 104,3.. = 104\ \Omega$$

104 Ω

c

$$U_b = I_{1,2,3} \cdot R_V = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 104,3.. = 8,34.. = 8,3 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{U_b}{R_1} = \frac{8,34..}{200} = 0,0417.. = 0,042 \text{ A}$$

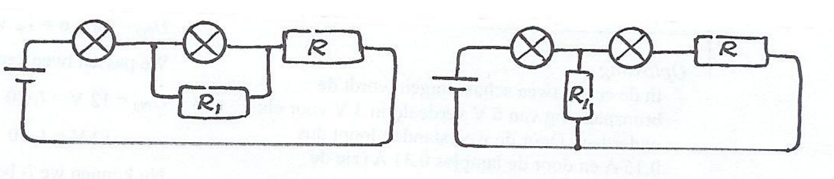
$$I_2 = \frac{U_b}{R_2} = \frac{8,34..}{300} = 0,0278.. = 0,028 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_b}{R_3} = \frac{8,34..}{800} = 0,0104.. = 0,010 \text{ A}$$

$$R = \frac{U_b}{I_4} = \frac{8,34..}{20 \cdot 10^{-3}} = 417,.. = 4,2 \cdot 10^2\ \Omega$$

42 mA
28 mA
10 mA
8,3 V
$4,2 \cdot 10^2$ Ω

52 ***a***



–

	b	*1e mogelijkheid* Door het eerste lampje loopt 0,5 A. Bij het tweede lampje moet hiervan 0,2 A omgeleid worden via een weerstand R_1. Door de laatste weerstand loopt weer 0,5 A. Daarover staat nog 12 − 6 − 4 = 2 V. $R_1 = \frac{4\text{ (V)}}{0{,}2\text{ (A)}} = 20\ \Omega$ en $R = \frac{2\text{ (V)}}{0{,}5\text{ (A)}} = 4\ \Omega$ *2e mogelijkheid* Door het eerste lampje loopt 0,5 A. Via een weerstand R_1 wordt 0,2 A rechtstreeks teruggeleid naar de bron. Over deze weerstand staat 12 − 6 = 6 V. Door de andere weerstand loopt, net als door het tweede lampje, 0,3 A. De spanning over die weerstand is 6 − 4 = 2 V $R_1 = \frac{6\text{ (V)}}{0{,}2\text{ (A)}} = 30\ \Omega$ en $R = \frac{2\text{ (V)}}{0{,}3\text{ (A)}} = 6{,}67.. = 6{,}7\ \Omega$	20 Ω 4 Ω of 30 Ω 6,7 Ω
53	**a**	Als $U > 0{,}3$ V is de diode geleidend.	–
	b	$U_R = 2{,}5 - 0{,}3 = 2{,}2$ V $\Rightarrow I = \frac{U_R}{R} = \frac{2{,}2}{100} = 0{,}022$ A	22 mA
	c	Minimaal $R = \frac{U_R}{I} = \frac{9-0{,}3}{0{,}200} = 43{,}5 = 44\ \Omega$	44 Ω
54	**a**	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 60 = \frac{230^2}{R} \Rightarrow R = \frac{230^2}{60} = 881{,}.. = 8{,}8 \cdot 10^2\ \Omega$ $I = \frac{U}{R} = \frac{230}{881{,}..} = 0{,}260.. = 0{,}26$ A of $I = \frac{P}{U} = \frac{60}{230} = 0{,}260.. = 0{,}26$ A $R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0{,}260..} = 881{,}.. = 8{,}8 \cdot 10^2\ \Omega$	$8{,}8 \cdot 10^2$ Ω 0,26 A
	b	De weerstand van de constantaandraad is onafhankelijk van de temperatuur $P = \frac{U^2}{R} = \frac{115^2}{881{,}..} = 15$ W of Als de spanning 2x zo klein wordt, wordt ook de stroomsterkte 2x zo klein. Het vermogen $P = U \cdot I$ wordt $2^2 = 4\times$ zo klein: $\frac{1}{4} \cdot 60 = 15$ W	–
	c	$P = U \cdot I = 115 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 21{,}85 = 21{,}9$ W	21,9 W
	d	De weerstand van de gloeidraad is afhankelijk van de temperatuur. Zijn weerstand is bij 115 V kleiner dan bij 230 V, want bij 115 V is de gloeidraad koeler. Daardoor is de stroomsterkte bij 115 V niet 2x zo klein, maar wat groter. Het opgenomen vermogen is dan ook iets groter dan je zou verwachten bij constante weerstand.	–
55	**a**	$I_{lamp} = \frac{P}{U} = \frac{150}{230} = 0{,}6521..$ A $I_{zekering} \le 16$ A laat maximaal $\frac{16}{0{,}6521..} = 24{,}5.. = 24$ lampen toe. N.B. naar beneden afronden!	24
	b	$R_{min} = \frac{U}{I_{max}} = \frac{230}{16} = 14{,}3.. = 15\ \Omega$ N.B. naar boven afronden!	15 Ω
56	**a**	$P_1 = U_1 \cdot I_1 \Rightarrow 3 = 6 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{3}{6} = 0{,}5\text{ A} = I_2$ $\Rightarrow I = I_1 + I_2 = 0{,}5 + 0{,}5 = 1$ A	1 A

	b	$P_3 = U_3 \cdot I \Rightarrow 4 = U_3 \cdot 1 \Rightarrow U_3 = \frac{4}{1} = 4\text{ V}$	4 V
	c	$U_R = 12 - 6 - 4 = 2\text{ V}$ $\Rightarrow R = \frac{U_R}{I} = \frac{2}{1} = 2\ \Omega$	2 Ω
57	***a***	Katoen kan op den duur verpulveren waardoor de isolatie steeds minder wordt. Er kunnen dan lekstromen optreden tussen de draden die steeds groter kunnen worden en het katoen doen ontbranden, ook als is de stroomsterkte nog geen 16 A.	–
	b	In het snoer wordt warmte ontwikkeld. Het snoer moet die warmte goed kwijt kunnen. Als de temperatuur te hoog oploopt, smelt de isolatie en kan kortsluiting ontstaan.	–
	c	In de stekker maken de draden waarschijnlijk slecht contact met de pootjes zodat er een extra weerstand is ontstaan. Die weerstand staat in serie met de motor van de stofzuiger. Je moet dus $P = I^2 \cdot R$ voor de serieweerstanden toepassen. Bij een goede stekker is *R* nul en wordt er geen warmte opgewekt. Na vastzetten van de schroefjes is het probleem waarschijnlijk opgelost	–
58	***a***	Gebruik $E\text{ (kWh)} = P\text{ (kW)} \cdot t\text{ (h)}$ $E = E_{\text{kachel}} + E_{150\text{W}} + E_{5\times 60\text{W}} = 2 \cdot 5 + 0{,}150 \cdot 10 + 5 \times 0{,}060 \cdot 12 = 15{,}1 = 15\text{ kWh}$ Dat kost $15{,}1 \times € 0{,}10 = 15{,}1 = € 1{,}5$	€ 1,5
	b	Jaarnota incl. BTW € 516,00 (÷1,19) af 19% BTW − 82,38.. Jaarnota excl. BTW 433,61.. af Vastrecht − 77,00 Kosten energie € 356, 61.. (÷0,10) voor energiegebruik 3566,13.. kWh in een jaar. Dan was het gemiddeld vermogen (delen door het aantal uren in een jaar) $P_{\text{gem}} = \frac{E}{t} = \frac{3566{,}13..\text{ (kWh)}}{365 \cdot 24\text{ (h)}} = 0{,}4070.. = 0{,}407\text{ kW}$	407 W