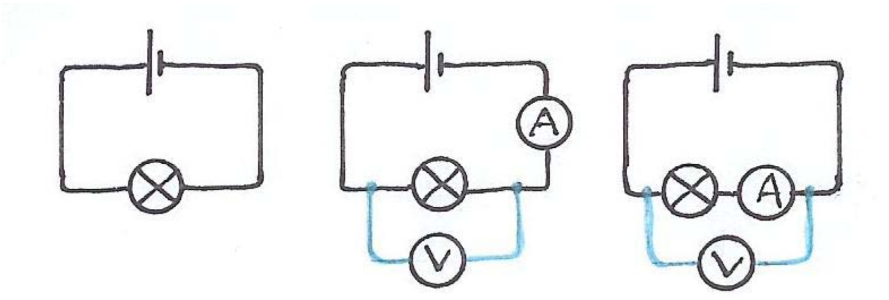
Opgaven 6.1 – De wet van Ohm

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	$R = \frac{U}{I} = \frac{0{,}6}{30 \cdot 10^{-3}} = 20 = 2 \cdot 10^1\ \Omega$	$2 \cdot 10^1\ \Omega$
	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	Het kleinste schaaldeel op de gevoeligste stand staat voor $\frac{1}{10} \times 0{,}01 = 0{,}001\text{ A} = 1\text{ mA}$ Je kunt in het gunstigste geval nog nét éénvijfde schaaldeel schatten, dus 0,2 mA	0,2 mA
	b	$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{0{,}2 \cdot 10^{-3}} = 45 \cdot 10^3\ \Omega$	45 kΩ
	c	R > 45 kΩ, want dan kun je de stroomsterkte niet meer aflezen.	> 45 kΩ
	d	Op het gevoeligste bereik kun je maximaal 0,05 A = 50 mA meten. De wijzer staat iets voorbij 0,035 A. Beste schatting is 0,0352 A	35,2 mA
	e	$R = \frac{U}{I} = \frac{9}{35{,}2 \cdot 10^{-3}} = 255{,}.. = 2{,}6 \cdot 10^2\ \Omega$	$2{,}6\ 10^2\ \Omega$
4	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	$U_{meter} = I_{kring} \cdot R_{meter} = 250 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 0{,}05 = 0{,}0500\text{ V} = 50{,}0 \cdot 10^{-3}$ 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.	–
5	a	De elektronen gaan van de minpool naar de pluspool. Tegen de wijzers van de klok in.	linksom
	b	Zie BINAS tabel 7: 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	$1{,}56 \cdot 10^{16}$

6 [1] is de voltmeter. Hij staat naast de kring. Hij meet de spanning over de linkerweerstand.
[2] is de ampèremeter. Hij staat in de kring, in serie met het lampje. Hij meet de stroomsterkte door het lampje. –

7 *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

8 *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? –

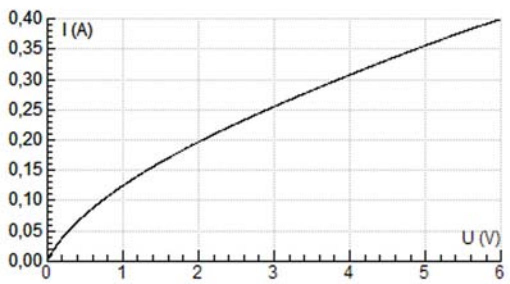
d De spanning is uitgevallen. –

9 $U_{\text{hulpweerstand}} = I \cdot R = 0{,}30 \cdot 5 = 1{,}5 \text{ V}$

$U_{\text{bron}} = U_{\text{hulpweerstand}} + U_{\text{lampje}} = 1{,}5 + 2{,}5 = 4 = 4{,}0 \text{ V}$ 4,0 V

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

b



$R = \frac{U}{I}$ –

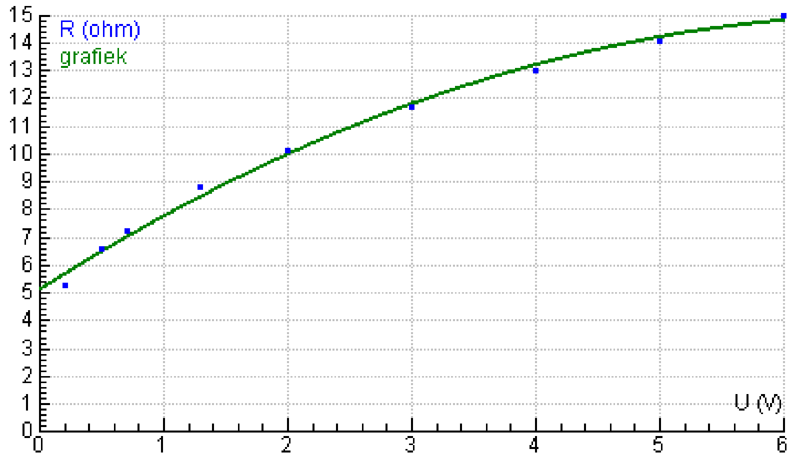
De toename van de spanning gaat sneller dan de toename van de stroomsterkte.

c

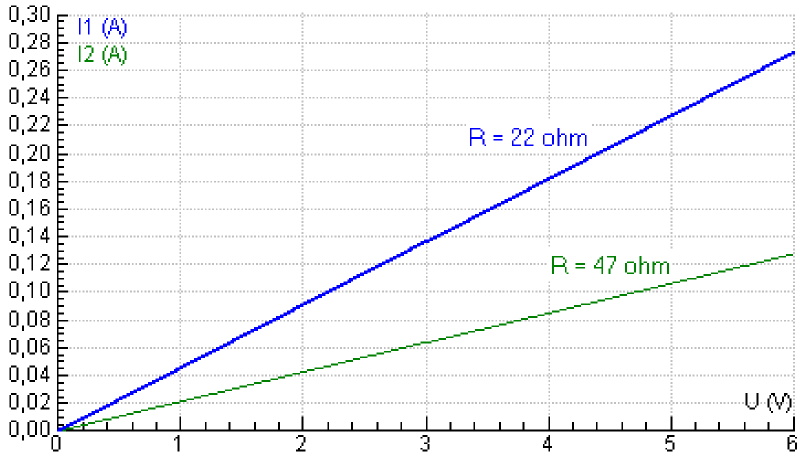
U (V)	I (A)	$\frac{U}{I} = R$ (Ω)
0,20	0,038	5,3
0,50	0,076	6,6
0,70	0,097	7,2
1,30	0,149	8,7
2,00	0,197	10,2
3,00	0,256	11,7
4,00	0,308	13,0
5,00	0,358	14,0
6,00	0,400	15,0

–

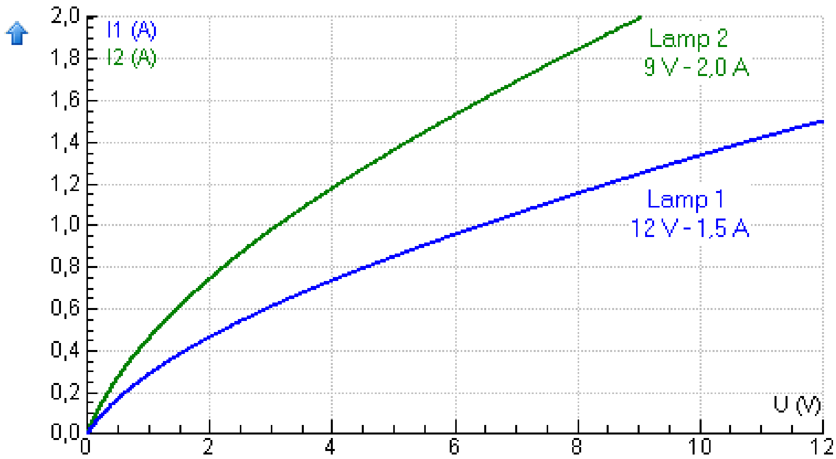
d



11 *a*



b

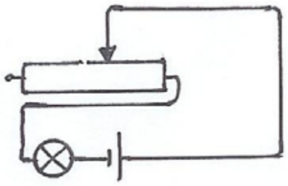


12 *a*

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	$\rho_{\text{koper}} = 17\cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$ $A = \pi r^2 = \pi\cdot\left(0{,}30\cdot 10^{-2}\right)^2 = 2{,}82..\cdot 10^{-5}\ \text{m}^2$ $\Rightarrow R = \rho\cdot\frac{\ell}{A} = 17\cdot 10^{-9}\cdot\frac{1{,}30\cdot 10^3}{2{,}82..\cdot 10^{-5}} = 0{,}781.. = 0{,}78\ \Omega$	0,78 Ω
13	**a**	$A = \pi r^2 = \pi\cdot\left(2{,}0\cdot 10^{-3}\right)^2 = 1{,}25..\cdot 10^{-5} = 1{,}3\cdot 10^{-5}\ \text{m}^2$	$1{,}3\cdot 10^{-5}\ \text{m}^2$
	b	$R = \rho\cdot\frac{\ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R\cdot A}{\ell} = \frac{6{,}4\cdot 1{,}25..\cdot 10^{-5}}{3{,}00\cdot 10^3} = 2{,}68..\cdot 10^{-8} = 2{,}7\cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$	$27\cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m}$
	c	Aluminium (BINAS tabel 8)	Al
	d	$\rho_{\text{constantaan}} = 0{,}45\cdot 10^{-6}\ \Omega\text{m}$ $A = \pi r^2 = \pi\cdot\left(0{,}10\cdot 10^{-3}\right)^2 = 3{,}14..\cdot 10^{-8}\ \text{m}^2$ $\Rightarrow R = \rho\cdot\frac{\ell}{A} \Rightarrow \ell = \frac{R\cdot A}{\rho} = \frac{100\cdot 3{,}14..\cdot 10^{-8}}{0{,}45\cdot 10^{-6}} = 6{,}98.. = 7{,}0\ \text{m}$	7,0 m
14	**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
15	**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) $\Rightarrow R = \rho\cdot\frac{\ell}{A} = 10^{12}\cdot\frac{0{,}10}{1\cdot 10^{-4}} = 10^{15}\ \Omega$ $\Rightarrow G = R^{-1} = 10^{-15}\ \text{S}$	$10^{-15}\ \text{S}$
16	**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

17 Naar rechts



Dan wordt de weerstand van het ingeschakelde deel van de schuifweerstand kleiner
→ de totale weerstand in de kring wordt kleiner
→ de stroomsterkte in de kring, ook door het lampje, wordt groter.

Opgaven 6.2 - Serie en parallel

18 .... groter dan de grootste.
Want $R_v = \Sigma R$, dus groter dan elk van de afzonderlijke weerstanden. –

19 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

20 ***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

–

21 Berekening U_b:
$$\left.\begin{array}{l} U_b = 4{,}2 + U_{5\Omega} \\ U_{5\Omega} = I \cdot R = 0{,}40 \cdot 5{,}0 = 2{,}0\text{ V} \end{array}\right\} \Rightarrow U_b = 4{,}2 + 2{,}0 = 6{,}2 = 6{,}2\text{ V}$$
Berekening R_1:
$$\left.\begin{array}{l} R_1 = \dfrac{U_{R_1}}{I} = \dfrac{U_{R_1}}{0{,}40} \\ U_{R_1} = 6{,}2 - 6{,}0 = 0{,}2\text{ V} \end{array}\right\} \Rightarrow R_1 = \dfrac{0{,}2}{0{,}40} = 0{,}5\ \Omega$$
Berekening R_2:
$$\left.\begin{array}{l} R_2 = \dfrac{U_{R_2}}{I} = \dfrac{U_{R_2}}{0{,}40} \\ U_{R_2} = 6{,}0 - U_{5\Omega} = 6{,}0 - 2{,}0 = 4{,}0\text{ V} \end{array}\right\} R_2 = \dfrac{4{,}0}{0{,}40} = 10\ \Omega$$

6,2 V
0,5 Ω
10 Ω

22 ***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:
$R_v = \dfrac{U_b}{I} = \dfrac{12}{0{,}3} = 40\ \Omega$
$R_v = \Sigma R \Rightarrow 40 = 5 + 1 + R_3 \Rightarrow R_3 = 34\ \Omega$

34 Ω

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

---

23 ***a*** De kring is gesloten.

$$\left.\begin{array}{l} R_v = \Sigma R = 10 + 40 = 50\ \Omega \\ \Rightarrow I = \dfrac{U_b}{R_v} = \dfrac{20}{50} = 0{,}4 = 0{,}40\text{ A} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} U_1 = I \cdot R_{10\Omega} = 0{,}4 \cdot 10 = 4{,}0\text{ V} \\ U_2 = I \cdot R_{40\Omega} = 0{,}4 \cdot 40 = 16\text{ V} \end{array}$$

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:

$$\left.\begin{array}{l} I = \dfrac{U_2}{R_2} = \dfrac{U_2}{40} \\ U_2 = 20 - U_1 = 20 - 8 = 12\text{ V} \end{array}\right\} \Rightarrow I = \frac{12}{40} = 0{,}3\text{ A}$$

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

27 Ω

---

24 ... kleiner dan de kleinste

$$\frac{1}{R_v} = \sum \frac{1}{R}$$

De uitdrukking links is groter dan elk van de afzonderlijke termen rechts. Dan is R_V kleiner dan elk van de afzonderlijke weerstanden *R*.

Je kunt ook zeggen: hoe meer parallelle wegen de stroom ter beschikking staan, des te gemakkelijker zal de doorgang zijn, dus des te kleiner is de vervangingsweerstand. (Hoe meer deuren er open staan, des te gemakkelijker kan de klas het lokaal verlaten.)

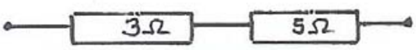
–

---

25 Vervanging links: $R_{v1} = \frac{1}{3} \cdot 9 = 3\ \Omega$, want het zijn drie gelijke weerstanden.

Vervanging rechts: $R_{v2} = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5\ \Omega$, want het twee gelijke weerstanden.

Dit geeft als vervangende serieschakeling:



Dan $R_v = R_{v1} + R_{v2} = 3 + 5 = 8 = 8\ \Omega$

8 Ω

---

26 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.

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

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

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

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

b *1^e^ 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 $I_2 = \frac{3}{8} \cdot 0,15 = 0,0562.. = 0,056\ \text{A}$

28 ***a***

$\dfrac{1}{R_v} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}$ $4 \cdot 10^4\ \Omega$

$\Rightarrow \dfrac{1}{R_2} = \dfrac{1}{R_v} - \dfrac{1}{R_1} = \dfrac{1}{4,2} - \dfrac{1}{4,7} = 0,025.. \Rightarrow R_v = \dfrac{1}{0,025..} = 39,..\ \text{k}\Omega = 4 \cdot 10^4\ \Omega$

b 39 kΩ 39 kΩ

c $\dfrac{1}{R_v} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} = \dfrac{1}{4,7} + \dfrac{1}{39} = 0,2384.. \Rightarrow R_2 = \dfrac{1}{0,2384..} = 4,1945.. = 4,2\ \text{k}\Omega$ 4,2 kΩ

Het verschil is minder dan 0,2% van de gewenste waarde.

29 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

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

6 Ω

De vervanging van de paralleltakken bereken je met

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

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

30 ***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. $I_1 \cdot 60 = 0{,}120 \cdot 20 \Rightarrow I_1 = \frac{0{,}120 \cdot 20}{60} = 0{,}04 = 0{,}040$ A Berekening hoofdstroom I: $I = I_1 + I_2 = 0{,}040 + 0{,}120 = 0{,}160$ 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
31	***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

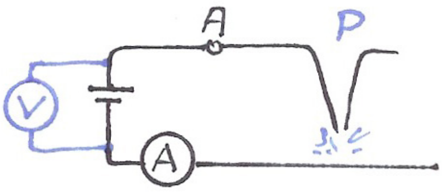
Opgaven 6.3 – De huisinstallatie

32	***a***	De weerstand in de kring is ‘oneindig’ groot. Er loopt dan geen stroom	–
	b	De stroomsterkte is te klein. $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{230}{30 \cdot 10^6} = 7{,}66.. \cdot 10^{-6}\ \text{A} = 7{,}7\ \mu\text{A}$ 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: $R_{\text{over2}} = \frac{150}{2} = 75\ \text{k}\Omega$ $R_v = 50 + 50 + 75 = 175\ \text{k}\Omega$ $\Rightarrow I = \dfrac{U}{R_v} = \dfrac{230}{175 \cdot 10^3} = 1{,}314.. \cdot 10^{-3} = 1{,}31 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$	1,3 mA
	d²	Zeer lang. In gebied 2 alleen kriebeling of misschien onaangename kramp, maar geen levensgevaar	–
33		$P = U \cdot I = 45 \cdot 40 = 1800 = 1{,}8 \cdot 10^3\ \text{W}$	1,8 kW
34	***a***	*1^e^ manier* $P = U \cdot I \Rightarrow I = \dfrac{P}{U} = \dfrac{40}{230} = 0{,}173..\ \text{A}$ $\Rightarrow R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{230}{0{,}173..} = 1322{,}.. = 1{,}3 \cdot 10^3\ \Omega$ *2^e^ manier* $P = U \cdot I = U \cdot \dfrac{U}{R} = \dfrac{U^2}{R}$ $\Rightarrow R = \dfrac{U^2}{P} = \dfrac{230^2}{40} = 1322{,}.. = 1{,}3 \cdot 10^3\ \Omega$	1,3 kΩ
	b	$P = U \cdot I = \dfrac{U^2}{R}$ $\Rightarrow 10 = \dfrac{U^2}{22} \Rightarrow U^2 = 10 \cdot 22 = 220 \Rightarrow U = \sqrt{220} = 14{,}8.. = 15\ \text{V}$	15 V
35	***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* $t = \dfrac{E}{P} = \dfrac{1{,}94.. \cdot 10^6}{10} = 1{,}94.. \cdot 10^5\ \text{s} = \dfrac{1{,}94.. \cdot 10^5}{3600}\ \text{h} = 54\ \text{h}$ *2^e^ manier* $I_{\text{lampje}} = \dfrac{P}{U} = \dfrac{10}{12} = 0{,}833..\ \text{A}$ $\Rightarrow t = \dfrac{45\ (\text{Ah})}{0{,}833..\ (\text{A})} = 54\ \text{h}$	54 uur

36	***a***	Gebruik hier $P(=U\cdot I)=I^2\cdot R$ 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 $P(=U\cdot I)=\dfrac{U^2}{R}$ In een parallelschakeling is de spanning over alle weerstanden gelijk, dus $P\sim\dfrac{1}{R}$ $P_{20}:P_{30}:P_{70}=\frac{1}{20}:\frac{1}{30}:\frac{1}{70}=\frac{1}{2}:\frac{1}{3}:\frac{1}{7}=\frac{7}{2}:\frac{7}{3}:1$	3,5 : 2,3 : 1
37	***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
38	***a***	$P(=U\cdot I)=\dfrac{U^2}{R}=\dfrac{230^2}{100}=529=529\text{ W}$	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
39	***a¹***	$P=U\cdot I=1500\cdot 313=4{,}695..\cdot 10^5=4{,}70\cdot 10^5\text{ W}$	$4{,}70\cdot 10^5$ W
	a²	$E=P\cdot t=4{,}695..\cdot 10^5\text{ (W)}\cdot 0{,}5\cdot 60\cdot 60\text{ (s)}=8{,}45..\cdot 10^8=8{,}5\cdot 10^8\text{ J}$ 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
40		- 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 6

41 ***a***



b

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

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

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

6,6 km

42 ***a*** Eerst de weerstand van de kabel berekenen:

$$\left.\begin{aligned} &l = 0{,}70\text{ m} \\ &A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(0{,}25 \cdot 10^{-2}\right)^2 = 1{,}96.. \cdot 10^{-5}\text{ m}^2 \\ &\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9}\ \Omega\text{m (Binas tabel 8)} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{\text{kabel}} = \rho \cdot \frac{l}{A} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0{,}70}{1{,}96.. \cdot 10^{-5}} = 6{,}06.. \cdot 10^{-4}\ \Omega$$

$$\Rightarrow U = I \cdot R_{\text{kabel}} = 75 \cdot 6{,}06.. \cdot 10^{-4} = 0{,}0454.. = 0{,}045\text{ V}$$

45 mV

b

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

$$\Rightarrow \ell = \frac{10 \cdot 1{,}76.. \cdot 10^{-8}}{17 \cdot 10^{-9}} = 10{,}39.. = 10\text{ m}\ \text{ Klopt.}$$

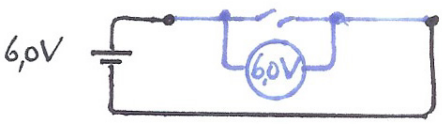
–

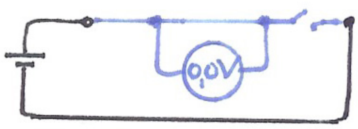
c

$$U = \frac{l_{\text{deel}}}{l_{\text{totaal}}} \cdot U_{\text{totaal}} = \frac{0{,}50}{10{,}39..} \cdot 6{,}0 = 0{,}288.. = 0{,}29\text{ V}$$

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.

43 ***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

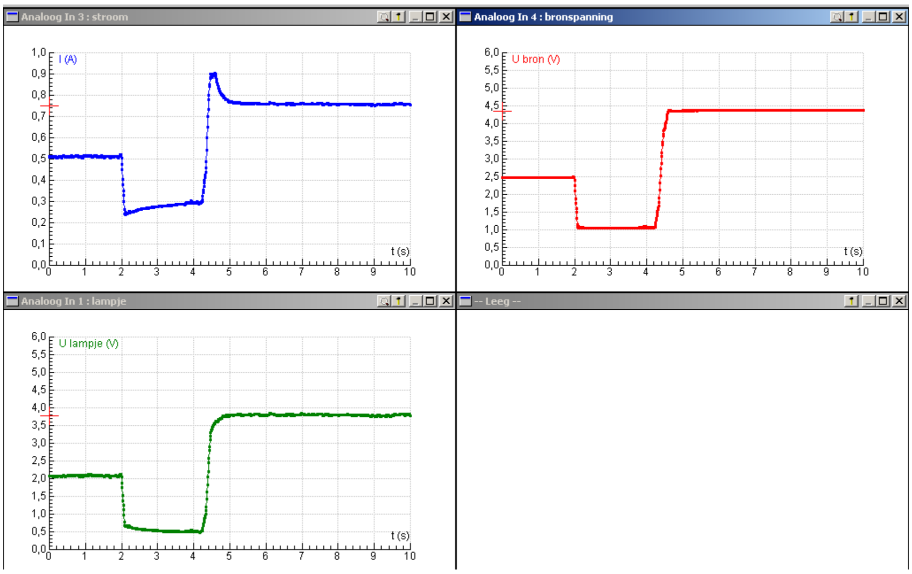
Op t = 6,0 s neemt de stroomsterkte door de wat afgekoelde gloeidraad flink toe. De gloeidraad stijgt daardoor in temperatuur, de weerstand ervan wordt hoger en de stroomsterkte neemt weer wat af.

De stroomsterkte blijft afnemen totdat er een temperatuurevenwicht ontstaat. Vanaf dat moment zijn de weerstand en de stroomsterkte constant.

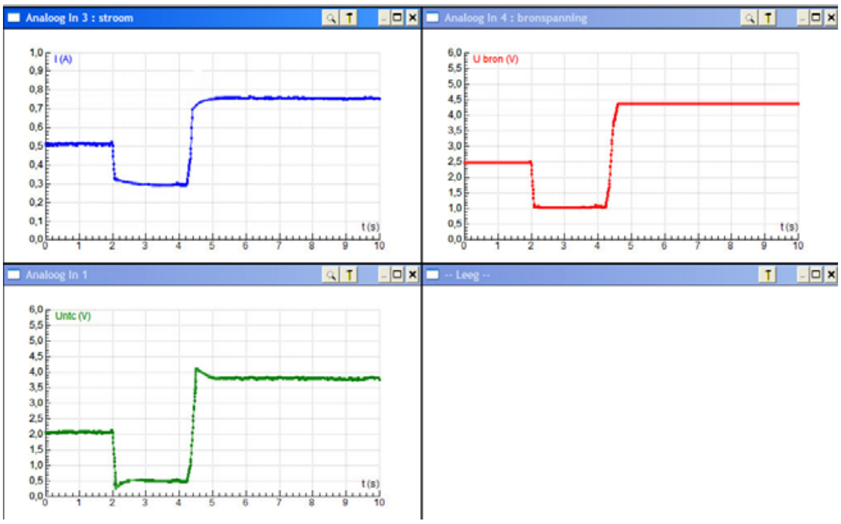
b Voor dit antwoord is een nieuwe meting gedaan. De hulpweerstand en het lampje staan in serie. De hulpweerstand was 1 Ω.

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

De gevraagde grafiek is de groene links onder.



c Voor dit antwoord is niet gemeten. De grafieken van vraag ***b*** zijn bewerkt, zodat ze bij een NTC-weerstand horen.



Spanning U_{bron} omlaag
Op t = 2 s wordt de stroomsterkte flink lager. Dan koelt de gloeidraad af, de weerstand van de NTC-weerstand wordt daardoor groter en de stroomsterkte neemt verder af.
Spanning U_{bron} omhoog
Op t = 4,4 s neemt de stroomsterkte door de wat afgekoelde NTC-weerstand flink toe. De NTC-weerstand stijgt daardoor in temperatuur, de weerstand ervan wordt kleiner en de stroomsterkte neemt verder toe.
De stroomsterkte blijft toenemen totdat er een temperatuurevenwicht ontstaat. Vanaf dat moment zijn de weerstand en de stroomsterkte constant.

–

d

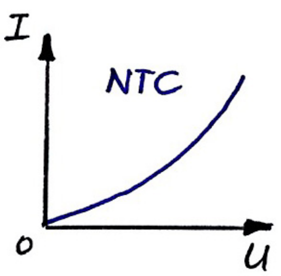
$$R_{\text{hulp}} = \frac{1\ (\text{V})}{I} \Rightarrow \begin{cases} I = 10\ \text{A} \Rightarrow R_{\text{hulp}} = \frac{1}{10} = 0{,}10\ \Omega \\ I = 500\ \text{mA} \Rightarrow R_{\text{hulp}} = \frac{1}{0{,}500} = 2{,}0\ \Omega \end{cases}$$

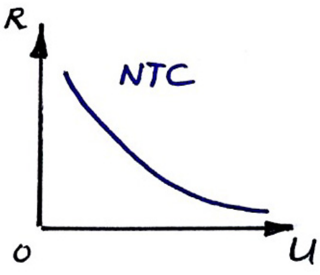
0,10 Ω
2,0 Ω

N.B. Als je de hulpweerstanden kleiner kiest dan hier berekend, stuur je een kleinere spanning dan 1 V naar de computer.

44 ***a*** Na inschakelen zullen ze pas na een zwakke start fel gaan gloeien.
Door de temperatuurstijging wordt de weerstand lager en de stroomsterkte groter. –

b
c





–

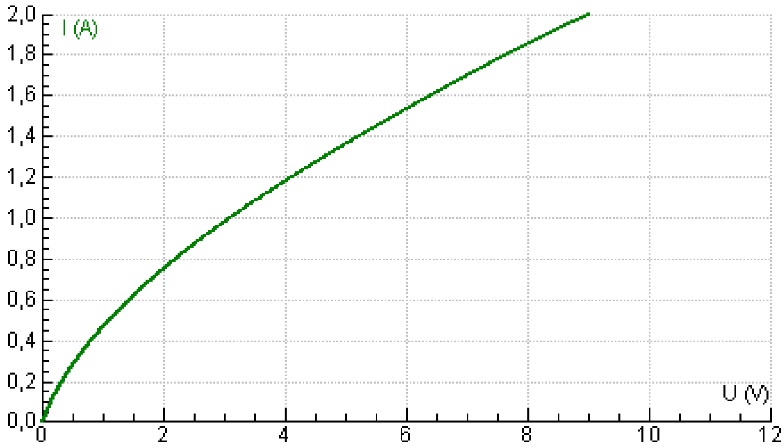
45 ***a*** Het volume $V = l \cdot A$ van de draad verandert niet.
Als l $3\times$ zo lang wordt, wordt A $3\times$ zo klein. 3

b In $R = \rho \cdot \dfrac{l}{A}$ wordt de teller $3\times$ groot en de noemer $3\times$ zo klein.
De breuk, dus R, wordt dan $3^2 = 9\times$ zo groot.

9 x zo groot

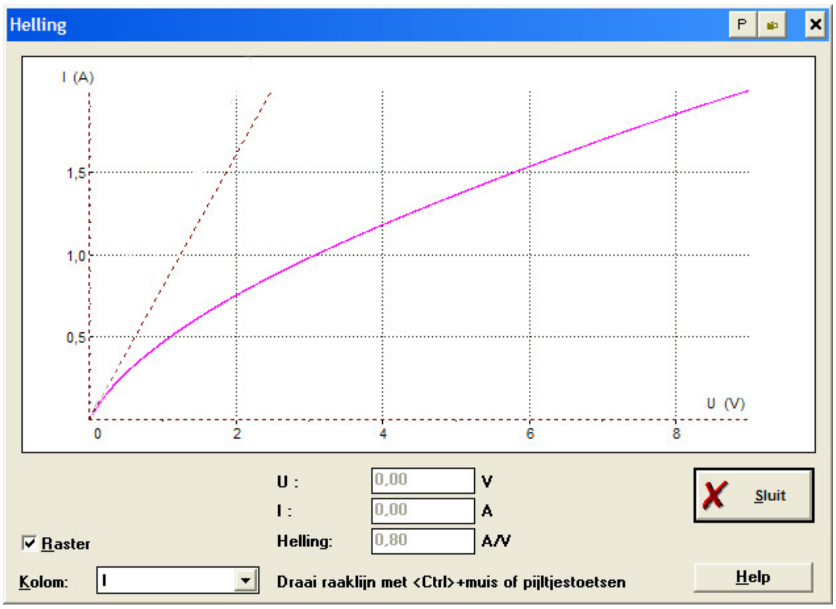
c De weerstand is $\frac{150}{100} = 1{,}5\times$ zo groot geworden.
De lengte is dan $\sqrt{1{,}5} = 1{,}22..\times$ zo groot geworden. 1,2 x
(En het oppervlak van de doorsnede $\sqrt{1{,}5} = 1{,}22..\times$ zo klein.)

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

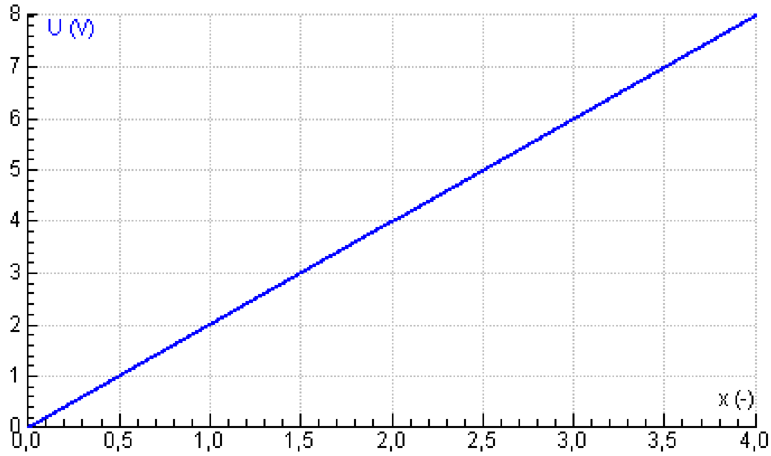
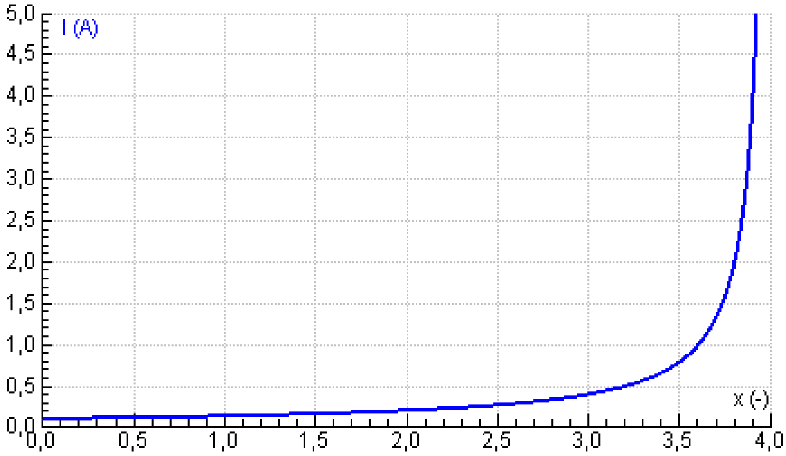
1,3 Ω

47 ***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]	$I = \dfrac{U}{R_{4-x}} = \dfrac{8}{\frac{4-x}{4} \cdot 80} = \dfrac{0{,}4}{4-x}$ 	–
48	***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	$\dfrac{1}{R_V} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} = \dfrac{1}{200} + \dfrac{1}{300} + \dfrac{1}{800} = 0{,}009583..$ $\Rightarrow R_V = \frac{1}{0{,}009583..} = 104{,}3.. = 104\ \Omega$	104 Ω

c

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

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

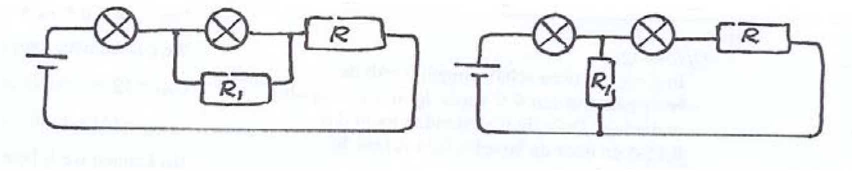
$I_2 = \dfrac{U_b}{R_2} = \dfrac{8{,}34..}{300} = 0{,}0278.. = 0{,}028 \text{ A}$

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

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

42 mA
28 mA
10 mA
8,3 V
$4{,}2 \cdot 10^2 \ \Omega$

49 *a*



–

b *1^e 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.

$R_1 = \dfrac{4 \text{ (V)}}{0{,}2 \text{ (A)}} = 20 \ \Omega$ en $R = \dfrac{2 \text{ (V)}}{0{,}5 \text{ (A)}} = 4 \ \Omega$

20 Ω
4 Ω

of

2^e 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

$R_1 = \dfrac{6 \text{ (V)}}{0{,}2 \text{ (A)}} = 30 \ \Omega$ en $R = \dfrac{2 \text{ (V)}}{0{,}3 \text{ (A)}} = 6{,}67.. = 6{,}7 \ \Omega$

30 Ω
6,7 Ω

50 *a* [2], de meter die parallel staat aan de weerstand van 200 Ω. –

b De stroom wordt dan om de weerstand van 500 Ω heen geleid. –

c *S links*

De schuifweerstand doet geheel mee met 500 Ω.

$\dfrac{1}{R_{\text{v,parallel}}} = \dfrac{1}{100} + \dfrac{1}{500} = 0{,}012 \Rightarrow R_{\text{v,parallel}} = \dfrac{1}{0{,}012} = 83{,}3.. \ \Omega$

$R_{\text{v,totaal}} = 83{,}3.. + 200 = 283{,}3.. \ \Omega$

$I = \dfrac{20}{283{,}3..} = 0{,}0705.. = 0{,}071 \text{ A}$

$U_{200\Omega} = I \cdot R_{200} = 0{,}0705.. \cdot 200 = 14{,}1.. = 14 \text{ V}$

71 mA
14 V

S midden

De schuifweerstand doet voor de helft mee, 250 Ω. De andere helft is kortgesloten.

$\dfrac{1}{R_{\text{v,parallel}}} = \dfrac{1}{100} + \dfrac{1}{250} = 0{,}014 \Rightarrow R_{\text{v,parallel}} = \dfrac{1}{0{,}014} = 71{,}4.. \ \Omega$

$R_{\text{v,totaal}} = 71{,}4.. + 200 = 271{,}4.. \ \Omega$

$I = \dfrac{20}{271{,}4..} = 0{,}0736.. = 0{,}074 \text{ A}$

$U_{200\Omega} = I \cdot R_{200} = 0{,}0736.. \cdot 200 = 14{,}7.. = 15 \text{ V}$

74 mA
15 V

S rechts
De schuifweerstand is in zijn geheel kortgesloten. Daardoor is ook de weerstand van 100 Ω kortgesloten.
In de kring blijft over $R = 200\ \Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{200} = 0{,}1 = 0{,}10\ \text{A}$$

$$U_{200\Omega} = U_b = 20\ \text{V}$$

0,10 A
20 V

51 ***a*** *twee lampjes parallel*
Over elk lampje is de spanning 6 V.
Uit het diagram blijkt dat dan $I_{\text{lampje}} = 0{,}45\ \text{A}$
Dan $I = 2 \cdot I_{\text{lampje}} = 2 \cdot 0{,}45 = 0{,}90\ \text{A}$

0,90 A

lampje parallel aan weerstand
Over elk is de spanning 6,0 V
Uit het diagram blijkt dat $I_R = 0{,}30\ \text{A}$
Dan $I = I_{\text{lampje}} + I_R = 0{,}45 + 0{,}30 = 0{,}75\ \text{A}$

0,75 A

b De stroomsterkte door lampje, weerstand en ampèremeter is dezelfde. Dat betekent een horizontale lijn in het diagram.
De snijpunten met de grafieken moeten opleveren $U_{\text{lampje}} + U_R = 4{,}0\ \text{V}$
Uitproberen leidt tot $I = 0{,}15\ \text{A}$
Dan inderdaad $U_{\text{lampje}} + U_R = 1{,}0 + 3{,}0 = 4{,}0\ \text{V}$

0,15 A

c De spanning over het eerste lampje kun je aflezen in de grafiek:
$I = 400\ \text{mA} \Rightarrow U = 4{,}9\ \text{V}$
Verder is $I_1 = I_2 = \frac{1}{2} \cdot I = 200\ \text{mA} \Rightarrow U_{1,2} = 1{,}5\ \text{V}$
$U_b = U + U_{1,2} = 4{,}9 + 1{,}5 = 6{,}4\ \text{V}$

1,5 V
1,5 V
6,4 V

d Door de lampjes zijn de stroomsterktes I en $I_1 = I_2 = \frac{1}{2} \cdot I$.
Dat zijn twee horizontale lijnen in de grafiek.
Hun snijpunten met de lampgrafiek leveren twee spanningen waarvoor moet gelden $U + U_{1,2} = 6{,}0\ \text{V}$
Uitproberen levert op $I = 0{,}385\ \text{A}$
Dan inderdaad $U + U_{1,2} = 4{,}6 + 1{,}4 = 6{,}0\ \text{V}$

0,39 A

52 ***a*** [1] is een voltmeter die parallel staat aan de weerstanden van 1 kΩ en 2 kΩ. Deze meet de bronspanning U_b = 6,0 V
[2] is een ampèremeter die de hoofdstroom meet.

$$\left.\begin{array}{l} I_{1\text{k}\Omega} = \dfrac{6{,}0}{1 \cdot 10^3} = 6 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \\ I_{2\text{k}\Omega} = \dfrac{6{,}0}{2 \cdot 10^3} = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{A} \end{array}\right\} \Rightarrow I = 6 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$$

of

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = 1{,}5 \Rightarrow R_v = 0{,}66..\ \text{k}\Omega$$

$$I = \frac{U_b}{R_v} = \frac{6{,}0}{0{,}66.. \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-3}\text{A}$$

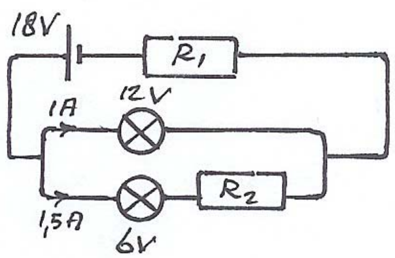
6,0 V
9,0 mA

b Over de ampèremeter staat een spanning van 6,0 − 4,8 = 1,2 V. Bij een ideale ampèremeter is dat 0 V. Deze ampèremeter is dus zeker niet ideaal.
Als de voltmeter ideaal is, is nog steeds $R_{\text{v,parallel}}$ = 0,66.. kΩ
Controle: $R_v = \frac{U_V}{I} = \frac{4{,}8}{7{,}2 \cdot 10^{-3}} = 0{,}66.. \cdot 10^3\ \Omega$ Klopt.

–

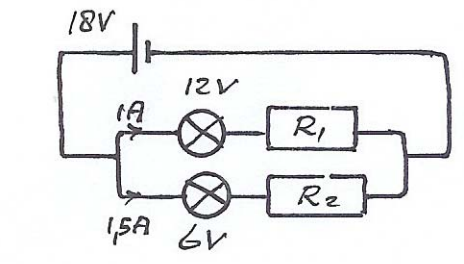
c $R_A = \frac{U_A}{I} = \frac{1{,}2}{7{,}2 \cdot 10^{-3}} = 166{,}.. = 1{,}7 \cdot 10^2\ \Omega$

$1{,}7 \cdot 10^2\ \Omega$

53	***a***	Als $U > 0{,}3$ V is de diode geleidend.	–
	b	$U_R = 2{,}5 - 0{,}3 = 2{,}2$ V $\Rightarrow I = \dfrac{U_R}{R} = \dfrac{2{,}2}{100} = 0{,}022$ A	22 mA
	c	Minimaal $R = \dfrac{U_R}{I} = \dfrac{9 - 0{,}3}{0{,}200} = 43{,}5 = 44\ \Omega$	44 Ω
54	***a***	$P_1 = U_1 \cdot I_1 \Rightarrow 3 = 6 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \dfrac{3}{6} = 0{,}5 \text{ A} = I_2$ $\Rightarrow I = I_1 + I_2 = 0{,}5 + 0{,}5 = 1$ A	1 A
	b	$P_3 = U_3 \cdot I \Rightarrow 4 = U_3 \cdot 1 \Rightarrow U_3 = \dfrac{4}{1} = 4$ V	4 V
	c	$U_R = 12 - 6 - 4 = 2$ V $\Rightarrow R = \dfrac{U_R}{I} = \dfrac{2}{1} = 2\ \Omega$	2 Ω
55	***a***	$I_{lamp} = \dfrac{P}{U} = \dfrac{150}{230} = 0{,}6521..$ A $I_{zekering} \leq 16$ A laat maximaal $\frac{16}{0{,}6521..} = 24{,}5.. = 24$ lampen toe. N.B. naar beneden afronden!	24
	b	$R_{min} = \dfrac{U}{I_{max}} = \dfrac{230}{16} = 14{,}3.. = 15\ \Omega$ N.B. naar boven afronden!	15 Ω
56	***a1***	$U_R = 12$ V R staat parallel aan lampje van 12 V	12 V
	a2	$I_R = 0{,}5$ A Want het door het 6 V lampje kan 1,5 A, maar door het 12 V lampje slechts 1 A. Dus 0,5 A moet omgeleid worden via de weerstand R	0,5 A
	a3	$R = \dfrac{U_R}{I_R} = \dfrac{12}{0{,}5} = 24\ \Omega$	24 Ω
	b	*1^e mogelijkheid* 	–

$$R_1 = \frac{18 - 12\ (\text{V})}{1 + 1{,}5\ (\text{A})} = \frac{6}{2{,}5} = 2{,}4\ \Omega \text{ en } R_2 = \frac{12 - 6\ (\text{V})}{1{,}5\ (\text{A})} = \frac{6}{1{,}5} = 4\ \Omega$$

2e mogelijkheid



$R_1 = \frac{18-12\text{ (V)}}{1\text{ (A)}} = \frac{6}{1} = 6\ \Omega$ en $R_2 = \frac{18-6\text{ (V)}}{1{,}5\text{ (A)}} = \frac{12}{1{,}5} = 8\ \Omega$

–

---

57 ***a***

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 60 = \frac{230^2}{R} \Rightarrow R = \frac{230^2}{60} = 881{,}.. = 8{,}8 \cdot 10^2\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{881{,}..} = 0{,}260.. = 0{,}26\text{ A}$$

of

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60}{230} = 0{,}260.. = 0{,}26\text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0{,}260..} = 881{,}.. = 8{,}8 \cdot 10^2\ \Omega$$

$8{,}8 \cdot 10^2\ \Omega$
0,26 A

---

b De weerstand van de constantaandraad is onafhankelijk van de temperatuur

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{115^2}{881{,}..} = 15\text{ W}$$

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: $\frac{1}{4} \cdot 60 = 15\text{ W}$

–

---

c $P = U \cdot I = 115 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 21{,}85 = 21{,}9\text{ W}$

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.

–

---

58 ***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

–

---

59 ***a*** Gebruik $R_1 = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{P}$ of $R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{P}$

L_1	R_1	L_2	R_2
60 W	882 Ω	6 W	6 Ω
150 W	353 Ω	3 W	12 Ω
200 W	265 Ω		

882 Ω
353 Ω
265 Ω
6 Ω
12 Ω

b In een serieschakeling geldt

$$\left.\begin{array}{l} U_1 : U_2 = R_1 : R_2 \Rightarrow U_2 = \dfrac{R_2}{R_1} \cdot U_1 \\ \text{Hier } R_2 \ll R_1 \Rightarrow U_2 \ll U_1 \Rightarrow U_1 \approx 230 \text{ V} \end{array}\right\} \Rightarrow U_2 \approx \frac{R_2}{R_1} \cdot 230$$

Rond bij de schatting ook de weerstandswaarden af.

1^e^ schakeling

$$U_2 \approx \frac{R_2}{R_1} \cdot 230 \approx \frac{6}{900} \cdot 230 = \tfrac{230}{150} \approx 1{,}5 \text{ V}$$

Veel minder dan de benodigde 6 V. L_2 zal niet (of nauwelijks zichtbaar) branden.
Voor L_1 blijft bijna de nodige 230 V over.

2^e^ schakeling

$$U_2 \approx \frac{R_2}{R_1} \cdot 230 \approx \frac{6}{360} \cdot 230 = \tfrac{230}{60} \approx 4 \text{ V}$$ –

Wat minder dan de benodigde 6 V. L_2 zal zwak branden.
Voor L_1 blijft bijna de nodige 230 V over.

3^e^ schakeling

$$U_2 \approx \frac{R_2}{R_1} \cdot 230 \approx \frac{6}{270} \cdot 230 = \tfrac{230}{45} \approx 5 \text{ V}$$

Iets minder dan de benodigde 6 V. L_2 zal bijna goed branden.
Voor L_1 blijft bijna de nodige 230 V over.

4^e^ schakeling

$$U_2 \approx \frac{R_2}{R_1} \cdot 230 \approx \frac{12}{360} \cdot 230 = \tfrac{230}{30} \approx 7{,}5 \text{ V}$$

Nogal wat meer dan de benodigde 6 V. L_2 zal doorbranden.
De kring is verbroken. Ook L_1 brandt niet.

60 **a** Gebruik $E \text{ (kWh)} = P \text{ (kW)} \cdot t \text{ (h)}$

$$E = E_{\text{kachel}} + E_{150\text{W}} + E_{5\times 60\text{W}} = 2 \cdot 5 + 0{,}150 \cdot 10 + 5 \times 0{,}060 \cdot 12 = 15{,}1 = 15 \text{ kWh}$$ € 1,5

Dat kost $15{,}1 \times € \ 0{,}10 = 15{,}1 = € \ 1{,}5$

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)

407 W

voor energiegebruik 3566,13.. kWh in een jaar.
Dan was het gemiddeld vermogen (delen door het aantal uren in een jaar)

$$P_{\text{gem}} = \frac{E}{t} = \frac{3566{,}13..\text{ (kWh)}}{365 \cdot 24 \text{ (h)}} = 0{,}4070.. = 0{,}407 \text{ kW}$$

61 **a** $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \sim D^2$, dus de oppervlakken verhouden zich als $5^2 : 1^2 = 25 : 1$ 25 : 1

b Voor beide is $R = \rho \cdot \dfrac{\ell}{A}$ gelijk als voor beide $\dfrac{\ell}{A}$ gelijk is. 25 : 1

Dat is zo als ook de lengtes zich verhouden als $25 : 1$

c buitenoppervlak = manteloppervlak + 2 eindvlakken

manteloppervlak = omtrek × lengte $= \pi \cdot D \times \ell$

2 eindoppervlakken $= 2 \cdot \pi \cdot (\frac{D}{2})^2 = \pi \cdot \frac{1}{2} D^2$

Er zijn twee extreme situaties:

(1) Stel dat de lengtes zó groot zijn dat je de eindoppervlakken mag verwaarlozen, dan verhouden de manteloppervlakken zich als $D_1 \times \ell_1 : D_2 \times \ell_2 = 5 \cdot 5^2 : 1 \cdot 1^2 = 125 : 1$.

(2) Stel dat de lengtes zó klein zijn dat je de manteloppervlakken mag verwaarlozen, dan verhouden de eindoppervlakken zich als 25 : 1.

Alleen voor de fijnproevers:

Voor alle gevallen daartussen stellen we dat de lengte van de kleine weerstand R_2 gelijk is aan n maal zijn diameter, dus $\ell_2 = n \cdot D_2$.

Dan verhouden de buitenoppervlakken zich als:

$$\frac{D_1 \cdot \ell_1 + \frac{1}{2} \cdot D_1^2}{D_2 \cdot \ell_2 + \frac{1}{2} \cdot D_2^2} = \frac{(5 \cdot D_2) \cdot (25 \ell_2) + \frac{1}{2}(5 \cdot D_2)^2}{D_2 \cdot \ell_2 + \frac{1}{2} \cdot D_2^2} = \frac{(5 \cdot D_2) \cdot (25 \cdot n \cdot D_2) + \frac{1}{2} \cdot (5 \cdot D_2)^2}{D_2 \cdot n \cdot D_2 + \frac{1}{2} \cdot D_2^2} =$$

$$\frac{25 \cdot \left(5n + \frac{1}{2}\right)}{n + \frac{1}{2}} = 25 \cdot \frac{10n + 1}{2n + 1}$$

Bij (1) gaat n naar ∞ en krijgen we 25·5 = 125.
Bij (2) gaat n naar 0 en krijgen we 25.
Bij de figuur in het boek lijkt n ongeveer 5 te zijn. Ga zelf na dat je dan 116 vindt.

d De weerstand met de kleinste afmetingen heeft de grootste kans op doorbranden.
Bij gelijke stroomsterkte is in beide de warmteontwikkeling even groot. Het koelende oppervlak van de kleine is veel kleiner. –

e Het maximaal toelaatbare vermogen. Je kunt daarmee de maximaal toegestane stroomsterkte berekenen via $P_{max} = I_{max}^2 \cdot R$ –

62 **a** De weerstand van een draad is omgekeerd evenredig met de dwarsdoorsnede.

$A_{dik} = 10 \cdot A_{dun} \Rightarrow R_{dik} = 0{,}1 \cdot R_{dun}$

Over de parallelle dikke en de dunne draad staat dezelfde spanning

$\Rightarrow I_{dik} = 10 \cdot I_{dun}$ –

Voor de stroomdichtheden geldt dan

$$\frac{I_{dik}}{A_{dik}} = \frac{10 \cdot I_{dun}}{10 \cdot A_{dun}} = \frac{I_{dun}}{A_{dun}}$$

b In de dikke draad (='bundel' van tien dunne draden) is warmteontwikkeling 10 x zo groot als in één dunne draad.
Het koelende buitenoppervlak van de ene dikke draad is kleiner dan dat van tien dunne draden samen. –
De dikke draad kan zijn warmte dus verhoudingsgewijs slechter kwijt.
(Berekening leert dat het buitenoppervlak van de ene dikke draad √10 = 3,16.. x kleiner is dan de buitenoppervlakken van de tien dunne draden samen.)

63 **a** De lengte van een (constantaan)draad is recht evenredig met zijn weerstand.

Als $U_{meter} = 0$, is blijkbaar $U_{AS} = U_{AP}$ en $U_{SB} = U_{PB}$.

Je kunt nu schrijven $U_{AS} : U_{SB} = U_{AP} : U_{PB}$ –

$$\frac{U_{AS}}{U_{SB}} = \frac{U_{AP}}{U_{PB}} \Rightarrow \frac{I_2 \cdot R_{AS}}{I_2 \cdot R_{SB}} = \frac{I_1 \cdot R_{NTC}}{I_1 \cdot R} \Rightarrow \frac{R_{AS}}{R_{SB}} = \frac{R_{NTC}}{R}$$

$\Rightarrow AS : SB = R_{AS} : R_{SB} = R_{NTC} : 1 \cdot 10^3$

b In antwoord **a** komt nergens de bronspanning U_b voor. –

c $R_{NTC} = \frac{AS}{SB} \cdot 1 \cdot 10^3 = \frac{25{,}0}{75{,}0} \cdot 1 \cdot 10^3 = 333{,}3.. = 333\ \Omega$ 333 Ω

(Je mag er van uit gaan dat in deze schakeling de weerstand van 1 kΩ een zeer kleine tolerantie heeft. De uitkomst in 3 significante cijfers is dan toegestaan.)

d

$$\left.\begin{aligned}&\frac{AS}{SB}=\frac{R_{\text{NTC}}}{1\cdot 10^3}=\frac{300}{1\cdot 10^3}=0{,}3\Rightarrow AS=0{,}3\cdot SB\\&SB=100-AS\end{aligned}\right\}\Rightarrow AS=0{,}3\cdot(100{,}0-AS)$$

23,1 cm

$$\Rightarrow AS=30{,}0-0{,}3\cdot AS\Rightarrow 1{,}3\cdot AS=30{,}0\Rightarrow AS=\tfrac{30{,}0}{1{,}3}=23{,}07..=23{,}1\text{ cm}$$

e

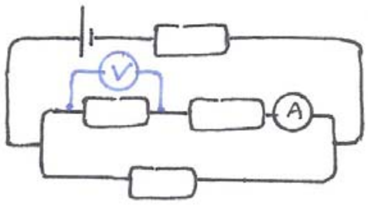
1. De NTC−weerstand samen met een alcoholthermometer in bakje met vloeistof.
2. De vloeistof verwarmen.
3. S verschuiven totdat de voltmeter 0 V aanwijst.
4. De temperatuur aflezen op de alcoholthermometer.
5. Deze temperatuur noteren bij de positie van S.
6. Stappen 2 tot en met 6 een aantal keer herhalen

–

Toets

1 **Stromen en spanningen**

a

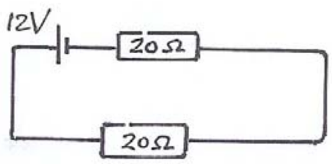


–

b Eerst de schakeling vereenvoudigen.

$R_{v,23} = R_2 + R_3 = 10 + 20 = 30\ \Omega$

$\dfrac{1}{R_{v,234}} = \dfrac{1}{R_{v,23}} + \dfrac{1}{R_4} = \dfrac{1}{30} + \dfrac{1}{60} = 0{,}05 \Rightarrow R_{v,234} = \dfrac{1}{0{,}05} = 20\ \Omega$



2,0 V
0,20 A

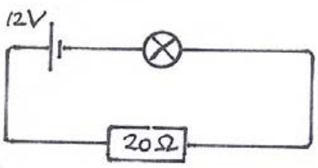
De bronspanning wordt gelijk verdeeld over deze twee weerstanden.

U_1 = 6,0 V en U_{23} = U_4 = 6,0 V

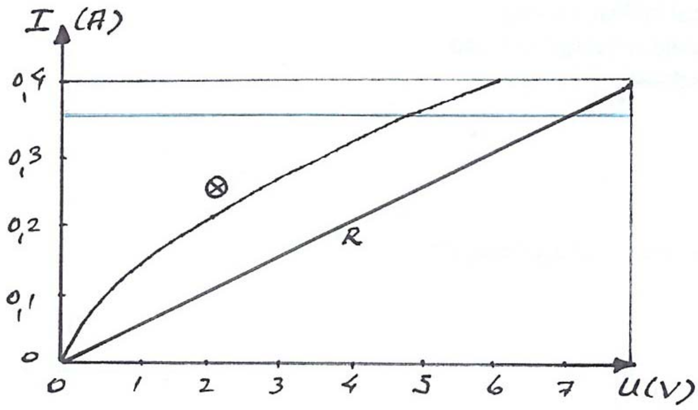
$I_3 = I_{23} = \dfrac{U_{23}}{R_{v,23}} = \dfrac{6{,}0}{30} = 0{,}20\ \text{A}$

$U_2 = I_{23} \cdot R_2 = 0{,}2 \cdot 10 = 2{,}0\ \text{V}$

c Eerst het vereenvoudigde schakelschema



Teken in het diagram de rechte voor de weerstand van 20 Ω.



0,355 A

De stroomsterkte in lampje en weerstand is even groot: horizontale lijn in diagram.
Die lijn geeft op de snijpunten met de grafieken U_L en $U_{20\Omega}$.
Zoek de lijn waarvoor geldt $U_L + U_{20\Omega}$ = 12 V
Na enig proberen vind je $U_L + U_{20\Omega}$ = 4,9 + 7,1 = 12 V bij I = 0,355 A.

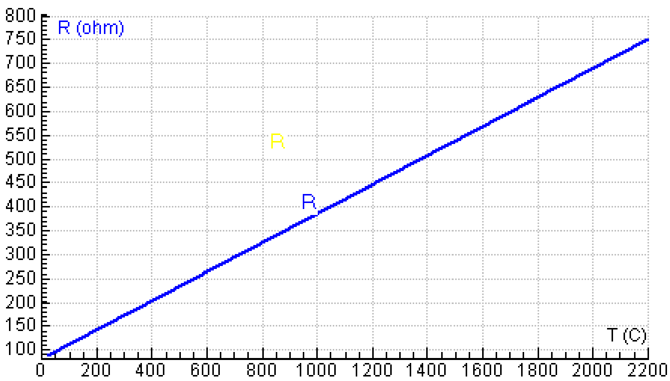
2 **Een gloeilamp**

a $R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{230}{2{,}6} = 88{,}4.. = 88\ \Omega$ — 88 Ω

b¹ $A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(12{,}5 \cdot 10^{-6}\right)^2 = 4{,}90.. \cdot 10^{-10} = 4{,}9 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{m}^2$ — $4{,}9 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{m}^2$

b² $R = \rho \cdot \dfrac{\ell}{A} \Rightarrow \ell = \dfrac{R \cdot A}{\rho} = \dfrac{88{,}4.. \cdot 4{,}90.. \cdot 10^{-10}}{55 \cdot 10^{-9}} = 0{,}789.. = 0{,}79\ \mathrm{m}$ — 79 cm

c¹ Als de weerstand evenredig met de temperatuur toeneemt, is dit de R(T)−grafiek:



Uit de figuur blijkt:

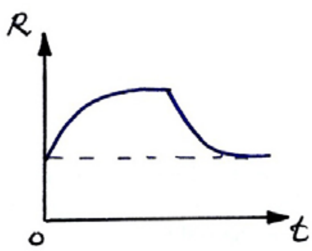
$$\frac{R - 88{,}4..}{750 - 88{,}4..} = \frac{1000 - 20}{2200 - 20}$$

$$\Rightarrow R - 88{,}4.. = \frac{980}{2180} \cdot 661{,}5.. = 297{,}3..$$

$$\Rightarrow R = 297{,}3.. + 88{,}4.. = 385{,}8.. = 3{,}9 \cdot 10^2\ \Omega$$

— $3{,}9 \cdot 10^2\ \Omega$

c²



3 **Een gevaar in de keuken**

a Serieschakeling $R_{totaal} = R_{links} + R_{lichaam} + R_{rechts}$

$R_{links} = \frac{1}{40} \cdot 10^4 = 250\ \ \Omega$ en $R_{rechts} = \frac{1}{20} \cdot 10^4 = 500\ \ \Omega$

(Hoe groter het contactoppervlak, des te kleiner de overgangsweerstand)

Dus $R_{totaal} = 250 + 650 + 500 = 1400 = 1{,}4 \cdot 10^3\ \ \Omega$ — 1,4 kΩ

b $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{230}{1{,}4 \cdot 10^3} = 0{,}164.. = 0{,}16\ \mathrm{A}$

Na ongeveer 40 ms wordt het gevaarlijk. Dan kun je door verkrampte spieren niet meer los komen. — 40 ms

c¹ $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ De meeste warmte ontstaat in de hand met de grootste overgangsweerstand, dus in de rechterhand. — rechts

c² $Q = \left(0{,}164..\right)^2 \cdot 500 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0{,}539.. = 0{,}54\ \mathrm{J}$ — 0,54 J