

Hoofdstuk 5 Elektrische systemen

5.1 Elektrische stroom en spanning

Opgave 1

- a In vaste stoffen kunnen alleen (negatief geladen) elektronen zich verplaatsen. Omdat de lading van Riemer positief is, is hij dus elektronen kwijtgeraakt.
- b ► Het aantal elektronen n dat Riemer is kwijtgeraakt bereken je met de lading die Riemer heeft gekregen Q en de elementaire lading e .
- $$Q = n \cdot e$$
- $$Q = 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$
- $$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (\text{zie Binas tabel 7A})$$
- Invullen levert: $3,7 \cdot 10^{-10} = n \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}$
- $$n = \frac{3,7 \cdot 10^{-10}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,313 \cdot 10^9$$
- Afgerond: $n = 2,3 \cdot 10^9$.
- c ► De richting van de elektrische stroom leg je uit met de beschrijving van de elektrische stroom. De richting van de elektrische stroom is gelijk aan de richting waarin positieve lading zich verplaatst. Tijdens de ontlading bewegen negatief geladen elektronen van de deurkruk naar Riemer. Dus de richting van de elektrische stroom is andersom: van Riemer naar de deurkruk.
- d ► De stroomsterkte bereken je met de formule voor de stroomsterkte.
- $$I = \frac{Q}{t}$$
- $$Q = 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$
- $$t = 12 \text{ ns} = 12 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$
- Invullen levert: $I = \frac{3,7 \cdot 10^{-10}}{12 \cdot 10^{-9}} = 3,083 \cdot 10^{-2} \text{ A}$
- Afgerond: $I = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ A}$.

Opgave2

- a ► De lading bereken je met de formule voor spanning.
- $$U = \frac{\Delta E}{Q}$$
- $U = 230 \text{ V}$, want dat is de netspanning.
- $\Delta E = 2,16 \cdot 10^5 \text{ J per uur}$
- Invullen levert: $230 = \frac{2,16 \cdot 10^5}{Q}$
- $$Q = \frac{2,16 \cdot 10^5}{230} = 939,13 \text{ C per uur}$$
- Afgerond: $Q = 939 \text{ C per uur}$.
- b ► De stroomsterkte bereken je met de formule voor de stroomsterkte.
- $$I = \frac{Q}{t}$$
- $$Q = 939 \text{ C}$$
- $$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$
- Invullen levert: $I = \frac{939}{3600} = 2,6083 \cdot 10^{-1} \text{ A}$
- Afgerond: $I = 2,61 \cdot 10^{-1} \text{ A}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c ► De afstand s die de vrije elektronen gemiddeld in een uur afleggen in de koperdraad bereken je met de lading Q die in een uur wordt verplaatst en de lading Q_{vrij} van de vrije elektronen die zich in 1,0 m koperdraad kunnen verplaatsen.

$$s = \frac{Q}{Q_{\text{vrij}}}$$

$$Q = 939 \text{ C} \quad (\text{zie vraag a})$$

- De lading Q_{vrij} van de vrije elektronen in 1,0 m koperdraad bereken je met het aantal vrije elektronen en de elementaire lading.

$$Q_{\text{vrij}} = n \cdot e$$

$$n = 2,1 \cdot 10^{23} \quad (\text{Er zijn } 2,1 \cdot 10^{23} \text{ koperatomen met ieder één vrij elektron.})$$

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (\text{zie Binas tabel 7A})$$

$$\text{Invullen levert: } Q_{\text{vrij}} = 2,1 \cdot 10^{23} \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 3,36 \cdot 10^4 \text{ C}$$

- Invullen van Q en Q_{vrij} in de formule $s = \frac{Q}{Q_{\text{vrij}}}$:

$$s = \frac{939}{3,36 \cdot 10^4} = 2,7946 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Dus in een uur legt een vrij elektron maar 2,8 cm af.

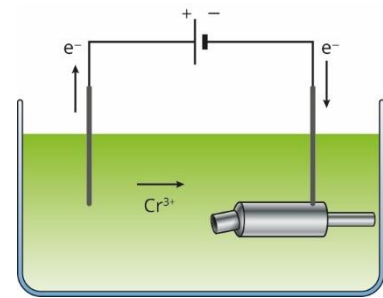
Opgave 3

- a – Zie de uitwerking in figuur 5.1.

Toelichting:

Aan de linkerkant trekt de pluspool van de spanningsbron negatieve elektronen aan. Aan de rechterkant stoot de minpool van de spanningsbron negatieve elektronen af.

Positieve Cr^{3+} -ionen worden door de pluspool van de spanningsbron afgestoten en door de minpool van de spanningsbron aangetrokken.



Figuur 5.1

- De richting van de elektrische stroom is gelijk aan de richting waarin positieve lading zich verplaatst, dus van de pluspool van de spanningsbron via de oplossing met Cr^{3+} naar de minpool van de spanningsbron.

- b ► Het aantal chroomatomen n bereken je met de massa van de chroomatomen en de massa van één chroomatoom.

$$n = \frac{m_{\text{uitlaat}}}{m_{\text{Cr}}}$$

$$m_{\text{Cr}} = 8,6 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$m_{\text{uitlaat}} = 1,2 \text{ g} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{Invullen levert: } n = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{8,6 \cdot 10^{-26}} = 1,395 \cdot 10^{22}$$

$$\text{Afgerond: } n = 1,4 \cdot 10^{22} \text{ atomen.}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c ► De stroomsterkte I bereken je met de formule voor de stroomsterkte.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$t = 1,5 \text{ h} = 1,5 \times 3600 = 5,40 \cdot 10^3 \text{ s}$$

- De lading Q bereken je met het aantal elektronen dat is opgenomen en de lading van een elektron.

$$Q = n \cdot e$$

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (\text{zie Binas tabel 7A})$$

- Het aantal elektronen n dat is opgenomen bereken je met het aantal atomen dat is neergeslagen en het aantal elektronen dat nodig is om Cr^{3+} om te zetten in Cr.

Er zijn $1,4 \cdot 10^{22}$ chroomatomen neergeslagen en daarvoor zijn $1,4 \cdot 10^{22}$ Cr^{3+} -ionen nodig.

Om een Cr^{3+} -ion om te zetten in een Cr-atoom zijn drie elektronen nodig.

$$n = 3 \times 1,4 \cdot 10^{22} = 4,2 \cdot 10^{22} \text{ elektronen}$$

- Invullen van n en e in de formule $Q = n \cdot e$:

$$Q = 4,2 \cdot 10^{22} \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 6,72 \cdot 10^3 \text{ C}$$

- Invullen van Q en t in de formule $I = \frac{Q}{t}$:

$$I = \frac{6,72 \cdot 10^3}{5,40 \cdot 10^3} = 1,2444 \text{ A}$$

Afgerond: $I = 1,2 \text{ A}$.

Opgave 4

- a ► De stroomsterkte bereken je met de formule voor de stroomsterkte.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$t = 1,0 \text{ s}$$

- De lading Q bereken je met de formule voor de spanning.

$$U = \frac{\Delta E}{Q}$$

$$U = 1,5 \text{ V}$$

$$\Delta E = 0,20 \text{ mJ} = 0,20 \cdot 10^{-3} \text{ J per seconde}$$

$$\text{Invullen levert: } 1,5 = \frac{0,20 \cdot 10^{-3}}{Q}$$

$$Q = \frac{0,20 \cdot 10^{-3}}{1,5} = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

- Invullen van Q en t in de formule $I = \frac{Q}{t}$:

$$I = \frac{1,33 \cdot 10^{-4}}{1,0} = 1,333 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

Afgerond: $I = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- b ► Dat je de rekenmachine langer dan een jaar kunt gebruiken bereken je met de stroomsterkte en de capaciteit.

Uit de beschrijving in de opgave volgt dat de capaciteit van een batterij (in mAh) het product is van de stroomsterkte in mA en de tijd in uur.

$$C = I \times t$$

$$C = 2400 \text{ mAh}$$

$$I = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 0,13 \text{ mA} \quad (\text{zie vraag b})$$

$$\text{Invullen levert: } 2400 = 0,13 \times t$$

$$t = \frac{2400}{0,13} = 1,85 \cdot 10^4 \text{ h}$$

$$t = 1,85 \cdot 10^4 \times 3600 = 6,66 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$t = \frac{6,66 \cdot 10^7}{3,15 \cdot 10^7} = 2,1141 \text{ jaar}$$

Afgerond: $t = 2,1$ jaar.

Dus kun je de rekenmachine langer dan een jaar gebruiken.

Opgave 5

- De draden teken je door de spanningsbron en het lampje in een stroomkring te verbinden en door een meter in serie en de andere parallel aan te sluiten met het lampje.

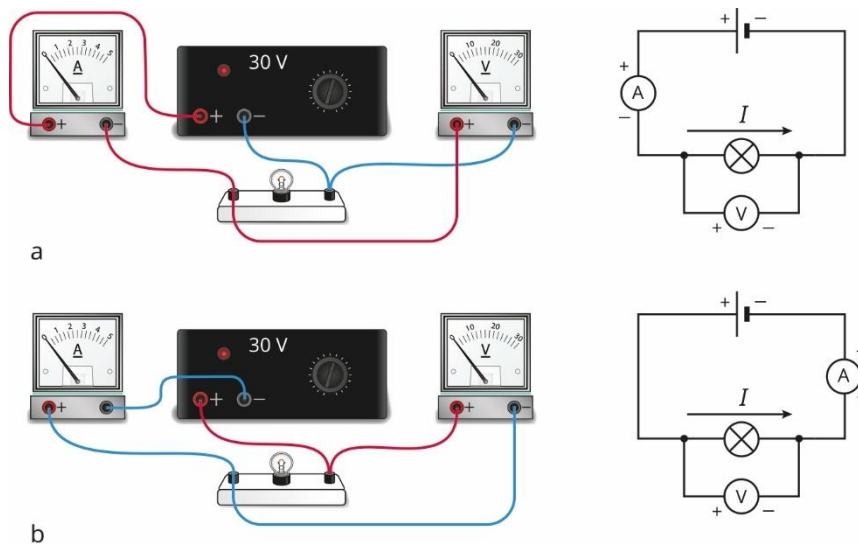
De stroommeter sluit je in serie met het lampje aan.

De spanningsmeter sluit je parallel aan het lampje aan.

- Bij het aansluiten let je op de + en – van de spanningbron en van de meters.

De + van de meters is aangesloten op de draad die naar de + van de spanningsbron gaat en de – van de meters op de draad die naar de – van de spanningsbron gaat.

In de schakelingen van figuur 5.2 zie je twee mogelijkheden en de erbij behorende schakelschema's.



Figuur 5.2

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

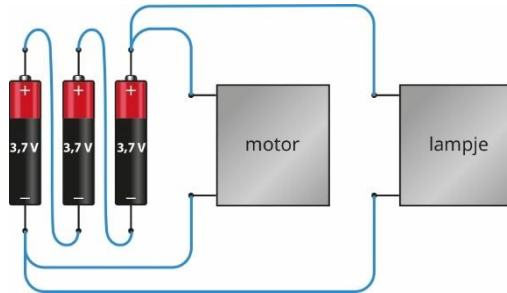
Opgave 6

- a ► Om de motor en het lampje op 11,1 V te laten werken, teken je de draden zodat de spanning over de batterijen 11,1 V is en de motor en het lampje op de spanning van 11,1 V zijn aangesloten.

Zie de draden in figuur 5.3.

Teken eerst de draden tussen de batterijen zodat de batterijen in serie zijn aangesloten en de spanning over de uiteinden dus 11,1 V is.

Teken daarna de draden van de motor en het lampje naar de uiteinden van de in serie geschakelde batterijen, zodat de motor en het lampje parallel zijn aangesloten.



Figuur 5.3

- b ► De hoeveelheid lading Q bereken je met de formule voor de stroomsterkte.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = 1,2 \text{ A}$$

$$t = 4 \text{ min } 30 \text{ s} = 4 \times 60 + 30 = 270 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } 1,2 = \frac{Q}{270}$$

$$Q = 270 \times 1,2 = 3,240 \cdot 10^2 \text{ C}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 3,2 \cdot 10^2 \text{ C.}$$

Opgave 7

- De stroomsterkte I bereken je met de formule voor de stroomsterkte.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$t = 30 \text{ min} = 30 \times 60 = 1800 \text{ s}$$

- De lading Q bereken je met de formule voor de spanning.

$$U = \frac{\Delta E}{Q}$$

$$U = 43,2 \text{ V}$$

$$\Delta E = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Invullen levert: } 43,2 = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q}$$

$$Q = \frac{3,6 \cdot 10^6}{43,2} = 8,33 \cdot 10^4 \text{ C}$$

- Invullen van Q en t in de formule $I = \frac{Q}{t}$:

$$I = \frac{8,33 \cdot 10^4}{1800} = 46,278 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I = 46 \text{ A.}$$

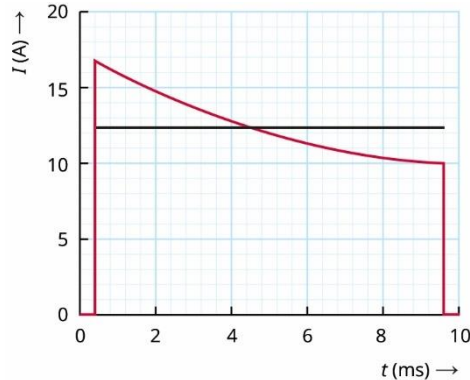
4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 8

- a ► De gemiddelde stroomsterkte I_{gem} tijdens de schok bepaal je met behulp van een schatting met de oppervlakte onder de grafiek in het (I, t) -diagram.

De rode lijn in figuur 5.4 hoort bij $I_{\text{gem}} = 12,4 \text{ A}$.

De oppervlakte onder de rode lijn tussen $t = 0,4 \text{ ms}$ en $t = 9,6 \text{ ms}$ is dan gelijk aan de oppervlakte onder de zwarte grafiek.

**Figuur 5.4**

- b ► De gemiddelde spanning U_{gem} tussen de elektrodes tijdens de schok bereken je met de formule voor de spanning.

$$U_{\text{gem}} = \frac{\Delta E}{Q}$$

$$\Delta E = 0,13 \text{ kJ} = 0,13 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- De lading Q bepaal je met de oppervlakte onder de grafiek in het (I, t) -diagram in figuur 5.4.

$$Q = 12,4 \times (9,6 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-3}) = 0,114 \text{ C}$$

- Invullen van ΔE en Q in de formule $U_{\text{gem}} = \frac{\Delta E}{Q}$:

$$U_{\text{gem}} = \frac{0,13 \cdot 10^3}{0,114} = 1,140 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$\text{Afgerond: } U_{\text{gem}} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ V} (= 1,1 \text{ kV}).$$

5.2 Weerstand en de wet van Ohm

Opgave 9

- a ► Of lampje 1 beter gaat geleiden leg je uit met het begrip weerstand. Hoe groter de weerstand, hoe slechter het lampje geleidt.

► De weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

Je bepaalt de spanning over en de stroomsterkte door lampje 1 in het (I, U) -diagram door twee punten op de grafiek af te lezen.

$$U = 2,0 \text{ V}$$

$$I = 0,23 \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 2,0 = 0,23 \cdot R$$

$$R = \frac{2,0}{0,23} = 8,7 \, \Omega$$

$$U = 6,0 \text{ V}$$

$$I = 0,42 \text{ A}$$

$$6,0 = 0,42 \cdot R$$

$$R = \frac{6,0}{0,42} = 14 \, \Omega$$

Als de spanning toeneemt, neemt de weerstand van lampje 1 toe.

Dus lampje 1 geleidt slechter als de spanning toeneemt.

- b ► Welk lampje in het achterlicht zit, leg je uit met de felheid waarmee een lampje brandt. Hoe feller een lampje brandt, hoe groter de spanning over en/of hoe groter de stroomsterkte door het lampje is.

De lampjes branden op dezelfde spanning. Het achterlicht brandt zwakker, dus door het lampje in het achterlicht gaat bij dezelfde spanning een kleinere stroomsterkte dan door het lampje in het voorlicht. Uit het diagram in figuur 21 volgt dan dat lampje 2 in het achterlicht zit.

- c ► Welk lampje de grootste weerstand heeft bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

► Methode 1

Je bepaalt in het (I, U) -diagram de stroomsterkte door de lampjes bij dezelfde spanning over de lampjes.

U is gelijk.

I is groter voor lampje 1.

► Invullen van de veranderingen in de wet van Ohm levert:

$$(U \text{ is gelijk}) = (I \text{ is groter}) \cdot R$$

$$R = \frac{(U \text{ is gelijk})}{(I \text{ is groter})}$$

Dus de weerstand van lampje 1 is kleiner dan de weerstand van lampje 2.

► Methode 2

Je bepaalt in het (I, U) -diagram de spanning over de lampjes bij dezelfde stroomsterkte door de lampjes.

I is gelijk.

U is kleiner voor lampje 1.

► Invullen van de veranderingen in de wet van Ohm levert:

$$(U \text{ is kleiner}) = (I \text{ is gelijk}) \cdot R$$

$$R = \frac{(U \text{ is kleiner})}{(I \text{ is gelijk})}$$

Dus de weerstand van lampje 1 is kleiner dan de weerstand van lampje 2.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- d ► Of lampje 2 zich gedraagt als een ohmse weerstand leg je uit met de kenmerken van de ohmse weerstand.

Bij een ohmse weerstand is het verband tussen de spanning en de stroomsterkte recht evenredig. De grafiek in een (I, U) -diagram is een rechte lijn door de oorsprong. Dat is niet het geval voor lampje 2. Lampje 2 gedraagt zich dus niet als een ohmse weerstand.

Opgave 10

- De weerstand R van een draad beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

ρ is gelijk, want de drie draden zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.

$$A_A = A_B$$

$$A_A < A_C$$

$$\ell_A \text{ is kleiner dan } \ell_B$$

$$\ell_A = \ell_C$$

$$\text{Invullen levert: } (\rho \text{ is gelijk}) = \frac{R \cdot (A \text{ is gelijk})}{(\ell_A \text{ is kleiner dan } \ell_B)}$$

$$(\rho \text{ is gelijk}) = \frac{R \cdot (A_A \text{ is kleiner dan } A_C)}{(\ell \text{ is gelijk})}$$

Dus R_A is kleiner dan R_B .

Dus R_A is groter dan R_C .

Dus $R_C < R_A < R_B$.

De volgorde van toenemende weerstand is: C, A, B.

Opgave 11

- a ► De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 1,5 \text{ V}$$

$$R = 3,0 \, \Omega$$

Invullen levert: $1,5 = I \cdot 3,0$

$$I = \frac{1,5}{3,0} = 0,5000 \text{ A}$$

Afgerond: $I = 0,50 \text{ A}$.

- b ► De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 1,5 \text{ V}$$

- De weerstand beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho_{40\text{m}} = \rho_{80\text{m}} \quad (\text{Het is dezelfde draad, hetzelfde materiaal.})$$

$$A_{40\text{m}} = 2 \cdot A_{80\text{m}} \quad (\text{De dwarsdoorsnede van de dubbele draad is verdubbeld.})$$

$$\ell_{40\text{m}} = 0,50 \cdot \ell_{80\text{m}} \quad (\text{De lengte van de dubbele draad is gehalveerd.})$$

$$\text{Invullen levert: } (\rho \text{ is gelijk}) = \frac{R \cdot (A_{40\text{m}} = 2A_{80\text{m}})}{(\ell_{40\text{m}} = 0,50\ell_{80\text{m}})}$$

De weerstand van de dubbele draad is dus vier keer kleiner geworden.

$$R_{40\text{m}} = 0,25 \cdot R_{80\text{m}} = 0,25 \times 3,0 = 0,75 \, \Omega$$

- Invullen van U en R in de formule $U = I \cdot R$:

$$1,5 = I \cdot 0,75$$

$$I = \frac{1,5}{0,75} = 2,000 \text{ A}$$

Afgerond: $I = 2,0 \text{ A}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 12

- a ► Het aantal koperdraden n bereken je met de dwarsdoorsnede van de ondergrondse kabel en de dwarsdoorsnede van een koperdraad.

$$n = \frac{A_{\text{kabel}}}{A_{\text{draad}}}$$

- De dwarsdoorsnede van een koperdraad bereken je met de diameter van de koperdraad.

$$A_{\text{draad}} = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$d = 0,80 \text{ cm} = 0,80 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } A_{\text{draad}} = \frac{1}{4}\pi(0,80 \cdot 10^{-2})^2 = 5,03 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

- De dwarsdoorsnede van de ondergrondse kabel bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 8})$$

$$R = 0,072 \Omega$$

$$\ell = 3,0 \text{ km} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 17 \cdot 10^{-9} = \frac{0,072 \cdot A}{3,0 \cdot 10^3}$$

$$A_{\text{kabel}} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \times 3,0 \cdot 10^3}{0,072} = 7,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Invullen van A_{draad} en A_{kabel} in de formule $n = \frac{A_{\text{kabel}}}{A_{\text{draad}}}$:

$$n = \frac{7,08 \cdot 10^{-4}}{5,03 \cdot 10^{-5}} = 14,076$$

$$\text{Afgerond: } n = 14.$$

- b ► Of de weerstand van de aluminiumkabel groter of kleiner is dan die van de koperkabel beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho_{\text{Al}} > \rho_{\text{Cu}} \quad (\text{zie Binas tabel 8})$$

$$A \text{ blijft gelijk.} \quad (\text{De draden hebben dezelfde afmetingen.})$$

$$\ell \text{ blijft gelijk.}$$

$$\text{Invullen van de veranderingen levert: } (\rho \text{ is groter}) = \frac{R \cdot (A \text{ is gelijk})}{(\ell \text{ is gelijk})}$$

Dus de weerstand R van een aluminiumkabel is groter dan die van de koperkabel.

- c Voorbeelden van een voordeel: minder schade aan het landschap, goedkoper in aanleg, geen dure masten nodig.

Nadeel: makkelijk te beschadigen bij graafwerkzaamheden.

Opgave 13

- a ► De weerstand R bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 8})$$

$$\ell = 2,0 \text{ m}$$

- De doorsnede bereken je met de formule voor de oppervlakte van een cirkel.

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$d = 0,25 \text{ mm} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } A = \frac{1}{4}\pi(0,25 \cdot 10^{-3})^2 = 4,91 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

- Invullen van ρ , A en ℓ in de formule $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$:

$$55 \cdot 10^{-9} = \frac{R \cdot 4,91 \cdot 10^{-8}}{2,0}$$

$$R = \frac{55 \cdot 10^{-9} \times 2,0}{4,91 \cdot 10^{-8}} = 2,240 \Omega$$

$$\text{Afgerond: } R = 2,2 \Omega.$$

- b ► Wie gelijk kan hebben, beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

- De verandering in de weerstand beredeneer je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

U is gelijk.

I wordt kleiner.

Invullen van de veranderingen levert: (U is gelijk) = (I wordt kleiner) $\cdot R$

$$R = \frac{(U \text{ is gelijk})}{(I \text{ wordt kleiner})}$$

Dus de weerstand van de gloeidraad wordt groter bij het inschakelen van de spanning.

Jonas

ρ blijft gelijk.

R wordt groter.

A wordt groter.

ℓ blijft gelijk.

- Invullen van de veranderingen in de formule $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$:

$$(\rho \text{ blijft gelijk}) = \frac{(R \text{ wordt groter}) \cdot (A \text{ wordt groter})}{(\ell \text{ is gelijk})}$$

Deze vergelijking klopt niet. Dus Jonas heeft geen gelijk.

Monique

ρ wordt groter.

R wordt groter.

A blijft gelijk.

ℓ blijft gelijk.

- Invullen van de veranderingen in de formule $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$:

$$(\rho \text{ wordt groter}) = \frac{(R \text{ wordt groter}) \cdot (A \text{ blijft gelijk})}{(\ell \text{ is gelijk})}$$

Deze vergelijking klopt wel. Dus Monique kan gelijk hebben.

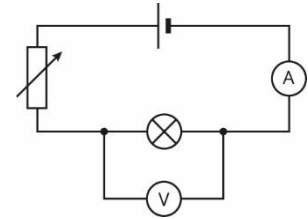
Opgave 14

- a ► Het schakelschema teken je met elektrotechnische symbolen waarbij een meter in serie met het lampje en de andere meter parallel aan het lampje is geschakeld.

De stroommeter sluit je in serie met het lampje aan.

De spanningsmeter sluit je parallel aan het lampje aan.

Zie de uitwerking in figuur 5.5.

**Figuur 5.5**

- b ► Dat de spanning over en de stroomsterkte door het lampje kleiner worden, bereken je met het (I, U) -diagram van een lampje.

De grafiek in een (I, U) -diagram van een lampje is een stijgende kromme lijn.

Hoe kleiner de stroomsterkte is, hoe minder energie er per seconde wordt omgezet in het lampje, hoe zwakker het lampje brandt. Dus als het lampje minder fel brandt, dan zijn de stroomsterkte door het lampje en de spanning over het lampje kleiner geworden.

- c ► De diameter d van de gloeidraad bereken je uit de dwarsdoorsnede van de draad.

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

- De dwarsdoorsnede A bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 8})$$

$$\ell = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$$

- De weerstand R van de draad bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 1,0 \text{ V}$$

$$I = 135 \text{ mA} = 0,135 \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 1,0 = R \times 0,135$$

$$R = \frac{1,0}{0,135} = 7,41 \Omega$$

- Invullen van ρ , R en ℓ in de formule $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$:

$$55 \cdot 10^{-9} = \frac{7,41 \cdot A}{0,30}$$

$$A = \frac{55 \cdot 10^{-9} \times 0,30}{7,41} = 2,23 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

- Invullen van A in de formule $A = \frac{1}{4}\pi d^2$:

$$2,23 \cdot 10^{-9} = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{2,23 \cdot 10^{-9} \times 4}{\pi}} = 5,3285 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } d = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ m.}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- d Bij $U = 0,0 \text{ V}$ is $I = 0,0 \text{ A}$. Gebruik je deze waarden in de wet van Ohm, dan is de waarde van de weerstand 'onbepaald'. Teken je in punt (0,0) de raaklijn aan de grafiek, dan doe je alsof de grafiek in het punt (0,0) een rechte lijn is. De ohmse weerstand die hoort bij deze rechte lijn geeft de waarde van de weerstand bij $U = 0,0 \text{ V}$.

- De diameter van de gloeidraad bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 8})$$

$$\ell = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$$

- De weerstand R van de draad bepaal je door de wet van Ohm toe te passen op de raaklijn aan de grafiek in punt (0,0) in het (I, U) -diagram.

Zie de raaklijn in figuur 5.6.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 2,2 \text{ V} \quad (\text{aflezen uit figuur 5.6})$$

$$I = 350 \text{ mA} = 0,350 \text{ A} \quad (\text{aflezen uit figuur 5.6})$$

$$2,2 = R \times 0,350$$

$$R = \frac{2,2}{0,350} = 6,29 \Omega$$

- Invullen van ρ , R en ℓ in de formule $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$:

$$\rho = 55 \cdot 10^{-9} = \frac{6,29 \cdot A}{0,30}$$

$$A = \frac{55 \cdot 10^{-9} \times 0,30}{6,29} = 2,62 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

- Invullen van A in de formule $A = \frac{1}{4}\pi d^2$:

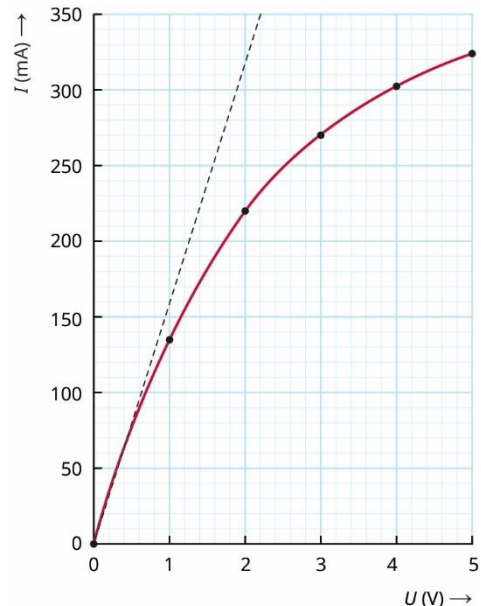
$$2,62 \cdot 10^{-9} = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{2,62 \cdot 10^{-9} \times 4}{\pi}} = 5,776 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } d = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ m.}$$

- e Bij de berekening van de diameter van de gloeidraad wordt de soortelijke weerstand uit Binas gebruikt. Die waarde geldt bij een temperatuur van 293 K. Als er spanning over de draad staat, loopt er stroom door de draad en stijgt de temperatuur van de draad. Als de temperatuur stijgt, wordt de soortelijke weerstand van het materiaal groter en dus wordt ook de weerstand van de gloeidraad groter.

De waarden voor de diameter van de gloeidraad berekend bij de vragen c en d verschillen doordat de metingen niet bij dezelfde temperatuur zijn gedaan.



Figuur 5.6

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 15

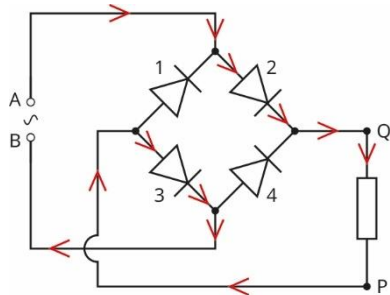
- a ► Welke twee dioden geleiden tussen $t = 0$ ms en $t = 10$ ms bepaal je met de richting waarin een diode de elektrische stroom doorlaat en de richting van de elektrische stroom.

De richting van de elektrische stroom tussen $t = 0$ ms en $t = 10$ ms is van de positieve pool van de spanningsbron A door de schakeling naar de negatieve pool B.

Een diode laat de elektrische stroom door in de richting van de 'pijl'.

Dus de dioden 2 en 3 geleiden tussen $t = 0$ ms en $t = 10$ ms.

Zie de pijlen in figuur 5.7.

**Figuur 5.7**

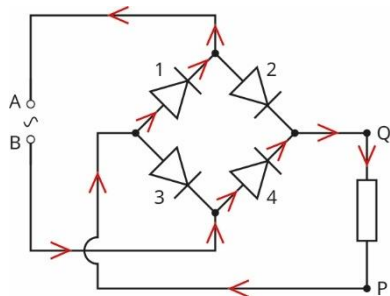
- b De stroom gaat tussen $t = 0$ ms en $t = 10$ ms door de weerstand van Q naar P. Zie de rode pijl van Q naar P in figuur 5.7.

- c ► De richting van de stroom tussen $t = 10$ ms en $t = 20$ ms bepaal je met de richting waarin een diode de elektrische stroom doorlaat en de richting van de elektrische stroom.

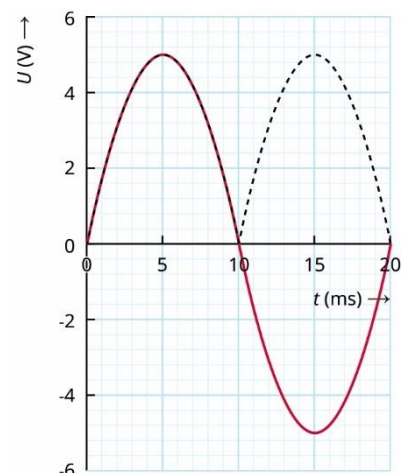
De richting van de elektrische stroom tussen $t = 10$ ms en $t = 20$ ms is van de positieve pool van de spanningsbron B door de schakeling naar de negatieve pool A. De dioden 4 en 1 geleiden tussen $t = 10$ ms en $t = 20$ ms.

De stroom gaat dan weer door de weerstand van Q naar P.

Zie de rode pijlen in figuur 5.8.

**Figuur 5.8**

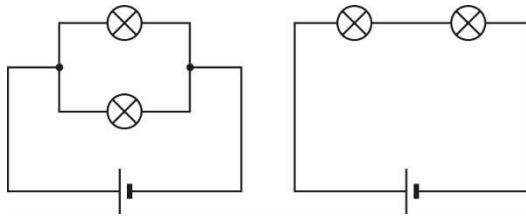
- d Zie de zwarte gestreepte grafiek in figuur 5.9.
De elektrische stroom gaat altijd in dezelfde richting door de weerstand, van Q naar P. De gelijkrichter zet de wisselstroom om in een gelijkstroom.
Dus de spanning over de weerstand is altijd positief.

**Figuur 5.9**

5.3 Serie- en parallelschakelingen

Opgave 16

- a ► In een schakelschema gebruik je elektrotechnische symbolen.
Zie de schakelschema's in figuur 5.10.



Figuur 5.10

- b De lampjes in de linker schakeling zijn parallel geschakeld. In een parallelschakeling is de spanning over elk lampje gelijk aan de spanning van de spanningsbron. De spanning over de lampjes is gelijk, dus branden de lampjes even fel.
- c De lampjes in de rechter schakeling zijn in serie geschakeld. In een serieschakeling wordt de spanning van de spanningsbron verdeeld over de lampjes. De lampjes zijn identiek, dus staat over elk lampje een even grote (deel)spanning. De spanning over de lampjes is gelijk, dus branden de lampjes even fel.
- d In de linker schakeling zijn de lampjes parallel geschakeld en dan staat over elk lampje een spanning even groot als de spanning van de spanningsbron.
In de rechter schakeling zijn de lampjes in serie geschakeld en staat over elk lampje maar de helft van de spanning van de spanningsbron. In de linker schakeling is dus de spanning over elk lampje groter dan in de rechter schakeling. Daardoor branden de lampjes in de linker schakeling feller dan in de rechter schakeling.
- e ► Of het derde identieke parallel geschakelde lampje normaal brandt, leg je uit met het kenmerk van de spanning in een parallelschakeling.
In een parallelschakeling is de spanning over elk lampje hetzelfde en gelijk aan de spanning van de spanningsbron. Dus de spanning over het derde identieke parallel geschakelde lampje is even groot. De twee parallel geschakelde identieke lampjes branden normaal op de ingestelde spanning; het derde lampje brandt dus ook normaal.
- f ► Of het derde identieke in serie geschakelde lampje normaal brandt, leg je uit met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.
In een serieschakeling is de totale spanning gelijk aan de som van de deelspanningen. Als de twee in serie geschakelde identieke lampjes normaal branden, is de spanning over elk lampje gelijk aan de helft van de ingestelde spanning van de spanningsbron. Doordat er een derde identiek lampje in serie wordt aangesloten, wordt de totale spanning verdeeld over drie lampjes in plaats van twee. De spanning over elk lampje is dan een derde van de ingestelde spanning van de spanningsbron en dus kleiner dan eerst. Dus geen enkel lampje brandt normaal en dus het derde lampje ook niet.

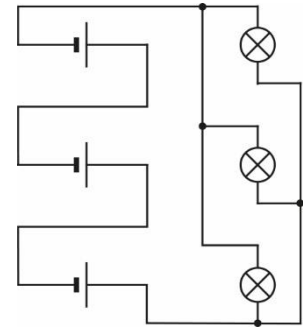
Opgave 17

- Om de drie lampjes op 4,5 V te laten branden, moeten de batterijen in serie worden aangesloten en moet elk lampje parallel op de batterijen worden aangesloten.

Teken eerst de verbindingdraden tussen de batterijen zodat de spanning over de uiteinden 4,5 V is.

Teken daarna de verbindingdraden van elk lampje naar de uiteinden van de in serie geschakelde batterijen.

Zie de getekende schakeling in figuur 5.11.

**Figuur 5.11****Opgave 18**

- a ► De totale weerstand R_{tot} van de schakeling bereken je met het kenmerk van de weerstand in een parallelschakeling.

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{\text{leeslamp}}} + \frac{1}{R_{\text{uplichter}}}$$

$$R_{\text{uplichter}} = 2,11 \text{ k}\Omega = 2,11 \cdot 10^3 \Omega$$

- De weerstand R_{leeslamp} van de leeslamp bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{leeslamp}} = I_{\text{leeslamp}} \cdot R_{\text{leeslamp}}$$

$$U_{\text{leeslamp}} = U_{\text{net}} = 230 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$I_{\text{leeslamp}} = 174 \text{ mA} = 0,174 \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 230 = 0,174 \cdot R_{\text{leeslamp}}$$

$$R_{\text{leeslamp}} = \frac{230}{0,174} = 1,322 \cdot 10^3 \Omega$$

- Invullen van R_{leeslamp} en $R_{\text{uplichter}}$ in de formule $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{\text{leeslamp}}} + \frac{1}{R_{\text{uplichter}}}$:

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{1,322 \cdot 10^3} + \frac{1}{2,11 \cdot 10^3} = 1,230 \cdot 10^{-3}$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{1,230 \cdot 10^{-3}} = 813,01 \Omega$$

$$\text{Afgerond: } R_{\text{tot}} = 813 \Omega.$$

- b ► De totale weerstand R_{tot} van de schakeling bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = U_{\text{net}} = 230 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{leeslamp}} + I_{\text{uplichter}} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in een parallelschakeling})$$

$$I_{\text{leeslamp}} = 174 \text{ mA} = 0,174 \text{ A}$$

- De stroomsterkte door de uplichter bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{uplichter}} = I_{\text{uplichter}} \cdot R_{\text{uplichter}}$$

$$U_{\text{uplichter}} = 230 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$R_{\text{uplichter}} = 2,11 \text{ k}\Omega = 2,11 \cdot 10^3 \Omega$$

$$\text{Invullen levert: } 230 = R_{\text{uplichter}} \cdot I_{\text{uplichter}}$$

$$I_{\text{uplichter}} = \frac{230}{2,11 \cdot 10^3} = 0,1090 \text{ A}$$

- Invullen van I_{leeslamp} en $I_{\text{uplichter}}$ in de formule $I_{\text{tot}} = I_{\text{leeslamp}} + I_{\text{uplichter}}$:

$$I_{\text{tot}} = 0,174 + 0,1090 = 0,2830 \text{ A}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- Invullen van U_{tot} en I_{tot} in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:

$$230 = 0,2830 \cdot R_{\text{tot}}$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{230}{0,2830} = 812,72 \, \Omega$$

Afgerond: $R_{\text{tot}} = 813 \, \Omega$.

Opgave 19

- a ► De weerstand R_1 van de beveiligingsweerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$I_1 = I_{\text{lamp}} = 125 \, \text{mA} = 0,125 \, \text{A} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling})$$

- De spanning U_1 over de beveiligingsweerstand bereken je met het kenmerk van de spanning van een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{lamp}}$$

$$U_{\text{tot}} = 4,5 \, \text{V}$$

$$U_{\text{lamp}} = 3,0 \, \text{V}$$

$$\text{Invullen levert: } 4,5 = U_1 + 3,0$$

$$U_1 = 1,5 \, \text{V}$$

- Invullen van U_1 en I_1 in de formule $U_1 = I_1 \cdot R_1$:

$$1,5 = 0,125 \cdot R_1$$

$$R_1 = \frac{1,5}{0,125} = 12,0 \, \Omega$$

- b ► De weerstand R_1 van de beveiligingsweerstand bereken je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_{\text{lamp}}$$

- De weerstand R_{tot} van de gehele schakeling bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = 4,5 \, \text{V}$$

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{lamp}} = 0,125 \, \text{A} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling})$$

$$\text{Invullen levert: } 4,5 = 0,125 \times R_{\text{tot}}$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{4,5}{0,125} = 36,0 \, \Omega$$

- De weerstand R_{lamp} van het lampje bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{lamp}} = I_{\text{lamp}} \cdot R_{\text{lamp}}$$

$$U_{\text{lamp}} = 3,0 \, \text{V}$$

$$I_{\text{lamp}} = 0,125 \, \text{A}$$

$$\text{Invullen levert: } 3,0 = 0,125 \times R_{\text{lamp}}$$

$$R_{\text{lamp}} = \frac{3,0}{0,125} = 24,0 \, \Omega$$

- Invullen van R_1 en R_{lamp} in de formule $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{\text{lamp}}$:

$$36 = R_1 + 24,0$$

$$R_1 = 12,0 \, \Omega$$

Afgerond: $R_1 = 12 \, \Omega$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 20

- a ► Het verband tussen de grootte van de weerstanden leid je af met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_A + R_B$$

De totale weerstand is groter dan elk van de in serie geschakelde weerstanden.

Dus geldt $R_{\text{tot}} > R_A$ en $R_{\text{tot}} > R_B$.

- b ► Het verband tussen de grootte van de weerstanden leid je af met het kenmerk van de weerstand bij een parallelschakeling.

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

Hieruit volgt:

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} > \frac{1}{R_A} \text{ en } \frac{1}{R_{\text{tot}}} > \frac{1}{R_B}$$

De totale weerstand is kleiner dan elk van de parallel geschakelde weerstanden.

Dus geldt $R_{\text{tot}} < R_A$ en $R_{\text{tot}} < R_B$.

Opgave 21

- a ► Het verband tussen de verhouding van de deelspanningen en de verhouding van de weerstanden leid je af door het kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling te herschrijven met behulp van de wet van Ohm.

$$I_A = I_B \text{ en uit } U = I \cdot R \text{ volgt } I = \frac{U}{R}$$

Dus er geldt:

$$\frac{U_A}{R_A} = \frac{U_B}{R_B}$$

$$\text{Hieruit volgt: } \frac{U_A}{U_B} = \frac{R_A}{R_B}$$

- b ► De spanning U_A bereken je met de gegeven formule en het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{R_A}{R_B} \text{ en } U_{\text{tot}} = U_A + U_B$$

$$R_A = 12 \, \Omega$$

$$R_B = 35 \, \Omega$$

$$U_{\text{tot}} = 24 \, \text{V}$$

$$\text{Invullen levert: } \frac{U_A}{U_B} = \frac{12}{35} \text{ en } 24 = U_A + U_B$$

$$\text{Uit } 24 = U_A + U_B \text{ volgt } U_B = 24 - U_A$$

$$\text{► Invullen van } U_B = 24 - U_A \text{ in } \frac{U_A}{U_B} = \frac{12}{35}:$$

$$\frac{U_A}{24 - U_A} = \frac{12}{35}$$

$$35 \cdot U_A = 12 \cdot (24 - U_A) = 288 - 12 \cdot U_A$$

$$47 \cdot U_A = 288$$

$$U_A = \frac{288}{47} = 6,128 \, \text{V}$$

$$\text{Afgerond: } U_A = 6,1 \, \text{V}.$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 22

- Het verband tussen de stroomsterktes leid je af door het kenmerk van de spanning in een parallelschakeling te herschrijven met behulp van de wet van Ohm.

$$U_A = U_B = U_C \text{ en } U = I \cdot R$$

$$\text{Hieruit volgt: } I_A \cdot R_A = I_B \cdot R_B = I_C \cdot R_C$$

$$R_A = 3R_C \text{ en } 2R_B = 3R_C$$

$$\text{Uit } 2R_B = 3R_C \text{ volgt: } R_B = \frac{3}{2}R_C$$

- Invullen van $R_A = 3R_C$ en $R_B = \frac{3}{2}R_C$ in $I_A \cdot R_A = I_B \cdot R_B = I_C \cdot R_C$:

$$I_A \cdot 3R_C = I_B \cdot \frac{3}{2}R_C = I_C \cdot R_C$$

$$\text{Delen door } R_C \text{ levert: } 3I_A = \frac{3}{2}I_B = I_C$$

Opgave 23

- a ► De spanning U_{tot} die de spanningsbron levert bereken je met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{led}}$$

$$U_{\text{led}} = 3,0 \text{ V (aflezen uit figuur 44b bij } I_{\text{led}} = 100 \text{ mA)}$$

- De spanning U_1 over de weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$I_1 = I_{\text{led}} = 100 \text{ mA} = 0,100 \text{ A (kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling)}$$

$$R_1 = 50 \Omega$$

$$\text{Invullen levert: } U_1 = 0,100 \times 50 = 5,00 \text{ V}$$

- Invullen van U_1 en U_{led} in de formule $U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{led}}$:

$$U_{\text{tot}} = 5,00 + 3,0$$

$$U_{\text{tot}} = 8,00 \text{ V}$$

$$\text{Afgerond: } U_{\text{bron}} = 8,0 \text{ V.}$$

- b ► Of de weerstand van de led toeneemt, afneemt of gelijk blijft beredeneer je door de wet van Ohm toe te passen voor twee stroomsterktes door de led.

$$U_{\text{led}} = I_{\text{led}} \cdot R_{\text{led}}$$

De spanning U_{led} en de stroomsterkte I_{led} lees je af in figuur 44b.

$$I_{\text{led}} = 100 \text{ mA} = 0,100 \text{ A}$$

$$I_{\text{led}} = 50 \text{ mA} = 0,050 \text{ A}$$

$$U_{\text{led}} = 3,0 \text{ V}$$

$$U_{\text{led}} = 2,25 \text{ V}$$

Invullen levert:

$$3,0 = 0,100 \cdot R_{\text{led}}$$

$$2,3 = 0,050 \cdot R_{\text{led}}$$

$$R_{\text{led}} = \frac{3,0}{0,100} = 30 \Omega$$

$$R_{\text{led}} = \frac{2,25}{0,050} = 45 \Omega$$

Dus de weerstand van de led neemt af als de spanning over de led toeneemt.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 24

- a ► De stroomsterkte die de spanningsbron levert, bereken je met het kenmerk van de stroomsterkte in een parallelschakeling.

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{draad}} + I_{\text{lamp}}$$

$$I_{\text{draad}} = 0,20 \text{ A} \quad (\text{aflezen uit figuur 45})$$

$$I_{\text{lamp}} = 0,30 \text{ A} \quad (\text{aflezen uit figuur 45})$$

$$\text{Invullen levert: } I_{\text{tot}} = 0,20 + 0,30 = 0,50 \text{ A}$$

- b ► De stroomsterkte die de spanningsbron levert, bereken je met het kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling.

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{draad}} = I_{\text{lamp}}$$

- De stroomsterkte lees je af in figuur 45, zodat de spanning van de spanningsbron voldoet aan het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_{\text{draad}} + U_{\text{lamp}}$$

$$U_{\text{tot}} = 5,0 \text{ V}$$

Je moet met de geodriehoek in figuur 45 zodanig schuiven dat $U_{\text{draad}} + U_{\text{lamp}}$ gelijk is aan 5,0 V.

Dat is het geval bij $I = 0,145 \text{ A}$. Dan geldt $U_{\text{draad}} = 3,55 \text{ V}$ en $U_{\text{lamp}} = 1,45 \text{ V}$.

Opgave 25

- a ► Dat $R_1 = 10 \Omega$ leid je af door de wet van Ohm voor twee waarden van R_2 toe te passen op de serieschakeling. Hierbij gebruik je ook het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}} \text{ met } R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$$

$$\text{Hieruit volgt: } U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot (R_1 + R_2)$$

In het diagram van figuur 47b lees je af dat bij $R_2 = 0 \Omega$ de stroomsterkte 1,2 A is.

Bij $R_2 = 10 \Omega$ lees je de stroomsterkte 0,60 A af.

$$\text{Invullen levert: } U_{\text{tot}} = 1,2 \cdot (R_1 + 0) \text{ en } U_{\text{tot}} = 0,6 \cdot (R_1 + 10)$$

$$1,2 \cdot (R_1 + 0) = 0,6 \cdot (R_1 + 10)$$

$$1,2 \cdot R_1 = 0,6 \cdot R_1 + 6,0$$

$$\text{Hieruit volgt: } R_1 = 10 \Omega.$$

- b ► De bronspanning U_{bron} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot (R_1 + R_2)$$

$$I_{\text{tot}} = 1,2 \text{ A, als } R_2 = 0 \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 47b})$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$\text{Invullen levert: } U_{\text{tot}} = 1,2 \times 10 = 12 \text{ V}$$

$$\text{Dus } U_{\text{bron}} = U_{\text{tot}} = 12 \text{ V}.$$

5.4 Gemengde schakelingen

Opgave 26

- a ► De totale weerstand R_{tot} bereken je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling toegepast op weerstand 1 en de totale weerstand van de parallel geschakelde weerstanden 2 en 3.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_{2,3}$$

$$R_1 = 22 \text{ k}\Omega \quad (\text{aflezen in figuur 57a})$$

- De weerstand $R_{2,3}$ bereken je met het kenmerk van de weerstand in een parallelschakeling.

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_2 = 47 \text{ k}\Omega = 47 \cdot 10^3 \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 57a})$$

$$R_3 = 18 \text{ k}\Omega = 18 \cdot 10^3 \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 57a})$$

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{47 \cdot 10^3} + \frac{1}{18 \cdot 10^3}$$

$$R_{2,3} = 13,0 \cdot 10^3 \Omega = 13,0 \text{ k}\Omega$$

- Invullen van R_1 en $R_{2,3}$ in de formule $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{2,3}$:

$$R_{\text{tot}} = 13,0 + 22$$

$$R_{\text{tot}} = 35,0 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Afgerond: } R_{\text{tot}} = 35 \text{ k}\Omega.$$

- b ► De stroomsterkte I_1 door weerstand 1 bereken je met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$R_1 = 56 \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 57b})$$

- De spanning U_1 over weerstand 1 bereken je met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{lamp}}$$

$$U_{\text{tot}} = 12,0 \text{ V}$$

$$U_{\text{lamp}} = 4,5 \text{ V} \quad (\text{aflezen uit figuur 57b})$$

$$\text{Invullen levert: } 12,0 = U_1 + 4,5$$

$$U_1 = 7,5 \text{ V}$$

- Invullen van U_1 en R_1 in de formule $U_1 = I_1 \cdot R_1$:

$$7,5 = I_1 \cdot 56$$

$$I_1 = \frac{7,5}{56} = 0,1339 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_1 = 0,13 \text{ A.}$$

- c ► De stroomsterkte I_{lamp} door het lampje bereken je met het kenmerk van de stroomsterkte in een parallelschakeling.

$$I_1 = I_2 + I_{\text{lamp}}$$

$$I_1 = 0,13 \text{ A} \quad (\text{zie vraag b})$$

- De stroomsterkte I_2 door weerstand 2 bereken je met de wet van Ohm.

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$U_2 = U_{\text{lamp}} = 4,5 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$R_2 = 330 \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 57b})$$

$$\text{Invullen levert: } 4,5 = I_2 \times 330$$

$$I_2 = \frac{4,5}{330} = 0,0136 \text{ A}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

► Invullen van I_1 en I_2 in de formule $I_1 = I_2 + I_{\text{lamp}}$:

$$0,13 = 0,0136 + I_{\text{lamp}}$$

$$I_{\text{lamp}} = 0,1164 \text{ A}$$

Afgerond: $I_{\text{lamp}} = 0,12 \text{ A}$.

Opgave 27

- a ► Dat de spanning U_2 over weerstand 2 gelijk is aan 6,0 V bereken je met de wet van Ohm.

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$I_2 = I_{\text{tot}} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling})$$

$$R_2 = 33 \, \Omega$$

► De stroomsterkte I_{tot} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = 10 \text{ V}$$

► R_{tot} bereken je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 = 22 + 33 = 55 \, \Omega$$

► Invullen van U_{tot} en R_{tot} in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:

$$10 = I_{\text{tot}} \times 55$$

$$I_{\text{tot}} = \frac{10}{55} = 0,182 \text{ A}$$

► Invullen van $I_2 = I_{\text{tot}}$ en R_{tot} in de formule $U_2 = I_2 \cdot R_2$:

$$U_2 = 0,182 \times 33 = 6,006 \text{ V}$$

Afgerond: $U_2 = 6,0 \text{ V}$.

- b ► Dat door het aansluiten van het lampje de stroomsterkte I_1 door weerstand 1 groter wordt, beredeneer je met het kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling.

$$I_1 = I_{\text{tot}}$$

► De totale stroomsterkte I_{tot} beredeneer je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk.

► De totale weerstand R_{tot} beredeneer je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_{2,\text{lamp}}$$

R_1 blijft gelijk

► De weerstand $R_{2,\text{lamp}}$ beredeneer je met het kenmerk van de weerstand in een parallelschakeling. Na aansluiten van het lampje tussen de punten A en B, vormen weerstand 2 en het lampje een parallelschakeling. In een parallelschakeling is de totale weerstand altijd kleiner dan de weerstand van een van de afzonderlijke weerstanden.

$R_{2,\text{lamp}}$ is dus kleiner dan R_2 .

► Invullen van de veranderingen van R_1 en $R_{2,\text{lamp}}$ in de formule $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{2,\text{lamp}}$:

$$R_{\text{tot}} = (R_1 \text{ blijft gelijk}) + (R_{2,\text{lamp}} \text{ wordt kleiner})$$

R_{tot} wordt dus kleiner na aansluiten van het lampje tussen de punten A en B.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- Invullen van de verandering van U_{tot} en R_{tot} in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:
 (U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}} \text{ wordt kleiner})$
 Dus I_{tot} wordt groter.

Dus de stroomsterkte I_1 door weerstand 1 wordt groter door het aansluiten van het lampje tussen de punten A en B.

- c ► Of het lampje normaal brandt, leg je uit door de spanning over de lamp te vergelijken met de spanning van 6,0 V.
 ► De spanning U_{lamp} over het lampje leg je uit met het kenmerk van de spanning in een parallelschakeling.

$$U_{2,\text{lamp}} = U_2 = U_{\text{lamp}}$$

- De spanning $U_{2,\text{lamp}}$ over het lampje leg je uit met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_{2,\text{lamp}}$$

U_{tot} blijft gelijk.

- De verandering van U_1 leg je uit met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

I_1 wordt groter.

R_1 blijft gelijk.

Invullen van de verandering levert: $U_1 = (I_1 \text{ wordt groter}) \cdot (R_1 \text{ blijft gelijk})$

Dus U_1 wordt groter.

- Invullen van de veranderingen van U_{tot} en U_1 in de formule $U_{\text{tot}} = U_1 + U_{2,\text{lamp}}$:

(U_{tot} blijft gelijk) = (U_1 wordt groter) + $U_{2,\text{lamp}}$

Dus wordt $U_{2,\text{lamp}}$ kleiner.

Zonder het lampje was de spanning over weerstand 2 gelijk aan 6,0 V.

Dus na aansluiten van het lampje tussen de punten A en B is de spanning over R_2 en het lampje kleiner dan 6,0 V.

Het lampje brandt dus niet normaal.

Opgave 28

- a ► Of de waarde van R_{meter} veel kleiner of veel groter is dan R_1 , bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk

I_{tot} blijft gelijk, want bij een goede stroommeter valt het verschil tussen de stroomsterkte I_{meter} en de stroomsterkte I_1 in de schakeling van figuur 59a binnen de meetonzekerheid.

Dus de totale weerstand R_{tot} blijft gelijk (binnen de meetonzekerheid).

- De totale weerstand R_{tot} bereken je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_{\text{meter}}$$

R_{tot} blijft gelijk (binnen de meetonzekerheid).

R_1 blijft gelijk.

R_2 blijft gelijk.

R_{meter} is bij een 'goede stroommeter' dus veel kleiner dan R_1 .

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- b ► Of de waarde van R_{meter} veel kleiner of veel groter is dan R_1 , bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk.

I_{tot} blijft gelijk, want bij een goede stroommeter valt het verschil tussen de stroomsterkte I_{meter} en de stroomsterkte I_1 in de schakeling van figuur 59a binnen de meetonzekerheid.

Dus de totale weerstand R_{tot} blijft gelijk (binnen de meetonzekerheid).

- De totale weerstand R_{tot} bereken je met het kenmerk van de weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = R_{1,\text{meter}} + R_2$$

R_{tot} mag niet veranderd zijn.

R_2 blijft gelijk.

Dus de weerstand $R_{1,\text{meter}}$ blijft gelijk (binnen de meetonzekerheid).

- De weerstand $R_{1,\text{meter}}$ bereken je met het kenmerk van de weerstand in een parallelschakeling.

$$\frac{1}{R_{1,\text{meter}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{\text{meter}}}$$

$R_{1,\text{meter}}$ blijft gelijk.

R_1 blijft gelijk.

R_{meter} moet dan een grotere waarde hebben zodat $\frac{1}{R_{\text{meter}}}$ bijna gelijk is aan 0.

R_{meter} is bij een 'goede spanningsmeter' dus veel groter dan R_1 .

Opgave 29

- a ► De volgorde van oplopende totale weerstand leid je af door de kenmerken van de weerstand in een serieschakeling en in een parallelschakeling toe te passen.

Schakeling in figuur 60a

In een serieschakeling is de totale weerstand altijd groter dan een van de afzonderlijke weerstanden.

In de schakeling in figuur 60a is de totale weerstand gelijk aan de som van de drie weerstanden en

dus is de totale weerstand van de schakeling in figuur 60a het grootst.

Schakeling in figuur 60b

In een parallelschakeling is de totale weerstand altijd kleiner dan de weerstand van een van de afzonderlijke weerstanden. De totale weerstand van de schakeling in figuur 60b is dus het kleinst.

Schakelingen in figuren 60c en d

De totale weerstanden van de schakelingen in figuren 60c en d zitten dus tussen de totale weerstanden van de schakelingen in figuren 60a en b in.

In de schakeling in figuur 60c is R_3 in serie geschakeld met een parallelschakeling van R_1 en R_2 .

De totale weerstand van de schakeling in figuur 60c is dan groter dan R_3 .

In de schakeling in figuur 60d is R_3 parallel geschakeld met een serieschakeling van R_1 en R_2 .

De totale weerstand van de schakeling in figuur 60d is dan kleiner dan R_3 .

Dus is de totale weerstand van de schakeling in figuur 60d kleiner dan die van schakeling c.

De volgorde van de schakelingen met oplopende totale weerstand is b, d, c, a.

- b ► In welke schakeling de grootste stroom door weerstand 2 loopt, leid je af met de wet van Ohm.

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

R_2 blijft gelijk.

De grootste stroomsterkte I_2 gaat door weerstand 2 in de schakeling waar de grootste spanning U_2 over weerstand 2 staat.

In de schakeling in figuur 60b is weerstand 2 rechtstreeks verbonden met de spanningsbron.

Dus $U_2 = U_{\text{tot}}$ (kenmerk van de spanning in een parallelschakeling).

Dus de stroomsterkte door weerstand 2 is in de schakeling in figuur 60b het grootst.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c ► De stroomsterkte I_{tot} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk

Schakeling in figuur 60a

Voor een serieschakeling geldt dat de totale weerstand R_{tot} groter is naarmate er meer weerstanden in serie zijn geschakeld. Na verwijderen van R_2 is er een weerstand minder.

Dus R_{tot} wordt kleiner.

Invullen levert: (U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}} \text{ wordt kleiner})$

Dus de stroomsterkte uit de spanningsbron I_{tot} is in de schakeling in figuur 60a groter geworden.

Schakeling in figuur 60b

Voor een parallelschakeling geldt dat de totale weerstand R_{tot} kleiner is naarmate er meer weerstanden parallel zijn geschakeld.

Na verwijderen van R_2 is er een weerstand minder in de parallelschakeling.

Dus R_{tot} wordt groter.

Invullen levert: (U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}} \text{ wordt groter})$

Dus de stroomsterkte uit de spanningsbron I_{tot} is in de schakeling in figuur 60b kleiner geworden.

Schakeling in figuur 60c

Voor een parallelschakeling geldt dat de totale weerstand R_{tot} kleiner is naarmate er meer weerstanden parallel zijn geschakeld.

Na verwijderen van R_2 is er een weerstand minder in de parallelschakeling.

Dus R_{tot} wordt groter.

Invullen levert: (U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}} \text{ wordt groter})$

Dus de stroomsterkte uit de spanningsbron I_{tot} is in de schakeling in figuur 60c kleiner geworden.

Schakeling in figuur 60d

Voor een serieschakeling geldt dat de totale weerstand R_{tot} groter is naarmate er meer weerstanden in serie zijn geschakeld. Na verwijderen van R_2 is er een weerstand minder.

Dus R_{tot} wordt kleiner.

Invullen levert: (U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}} \text{ wordt kleiner})$

Dus de stroomsterkte uit de spanningsbron I_{tot} is in de schakeling in figuur 60d groter geworden.

Opmerking

Na verwijderen van R_2 is de schakeling in figuur 60a gelijk geworden aan die in figuur 60c, en de schakeling in figuur 60b gelijk aan die in figuur 60d.

Opgave 30

- a ► De toename van de stroomsterkte verklaar je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

U_{NTC} blijft gelijk

Als I_{NTC} toeneemt, dan moet R_{NTC} afnemen.

- De afname van de weerstand R_{NTC} leg je uit met de beschrijving van de NTC.

Voor een NTC geldt dat R_{NTC} afneemt als de temperatuur stijgt.

Als de NTC aangesloten is op de spanningsbron, gaat er een stroom lopen door de NTC.

Daardoor ontstaat warmte in de NTC en stijgt de temperatuur van de NTC. Dus de waarde van de weerstand van de NTC neemt af en daardoor neemt de stroomsterkte door de NTC toe.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- b ► Het temperatuurverschil bepaal je met figuur 61b en de weerstand R_{NTC} bij de verschillende stroomsterkten.

$$\Delta T = T_{\text{eind}} - T_{\text{begin}}$$

- De weerstand R_{NTC} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{NTC} = I_{NTC} \cdot R_{NTC}$$

$$U_{NTC} = 5,0 \text{ V}$$

Begin

$$I_{NTC} = 8,0 \text{ mA} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,0 = 8,0 \cdot 10^{-3} \times R_{NTC}$$

$$R_{NTC} = \frac{5,0}{8,0 \cdot 10^{-3}} = 625 \Omega$$

$$T_{\text{begin}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{aflezen uit figuur 61b})$$

Eind

$$I_{NTC} = 16,0 \text{ mA} = 16,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,0 = 16,0 \cdot 10^{-3} \times R_{NTC}$$

$$R_{NTC} = \frac{5,0}{16,0 \cdot 10^{-3}} = 313 \Omega$$

$$T_{\text{eind}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{aflezen uit figuur 61b})$$

- Invullen van T_{begin} en T_{eind} in de formule $\Delta T = T_{\text{eind}} - T_{\text{begin}}$:

$$\Delta T = 40 - 18 = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De temperatuurstijging van de NTC in die korte tijd is dus $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Opgave 31

- a ► Dat lampje B uitgaat in de rechter schakeling leg je uit met het verband tussen de felheid van branden van lampje B en de stroomsterkte door lampje B.

Als lampje B niet brandt, is de stroomsterkte I_{lampB} door lampje B (te) klein om zichtbaar licht te geven.

De schakeling met lampje B is een serieschakeling. Dus is $I_{\text{lampB}} = I_{\text{tot}}$.

- Waarom de stroomsterkte I_{tot} klein is beredeneer je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk.

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{LDR}} + R_{\text{lampB}} \quad (\text{kenmerk van de weerstand in een serieschakeling})$$

R_{LDR} is heel groot, doordat er geen licht meer op de LDR valt als lamp A uitgaat.

Dus R_{tot} is heel groot.

Invullen levert: (U_{tot} blijft gelijk) $= I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}}$ wordt heel groot)

Dus de stroomsterkte $I_{\text{tot}} = I_{\text{lampB}}$ wordt heel klein.

De stroomsterkte door lampje B is dus heel klein, en daardoor brandt het lampje B zo zwak dat je het niet meer ziet branden.

- b ► De toename of afname van de waarde van de regelbare weerstand leg je uit met de wet van Ohm voor de linker schakeling.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{lampA}} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling})$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{regel}} + R_{\text{lampA}} \quad (\text{kenmerk van de weerstand in een serieschakeling})$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- De stroomsterkte I_{lampA} door lampje A leg je uit met het verband tussen de felheid van branden en de stroomsterkte door het lampje.

Lampje B gaat feller branden, dus de stroomsterkte in de rechter schakeling is groter geworden.

En dus is de weerstand van de LDR kleiner geworden.

Dat kan alleen als er meer licht op de LDR valt.

Dus lampje A brandt feller en dan is de stroomsterkte in de linker schakeling groter geworden.

- Invullen van de veranderingen in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:

(U_{tot} blijft gelijk) = (I_{tot} wordt groter) $\cdot R_{\text{tot}}$

Dus is de totale weerstand R_{tot} in de linker schakeling kleiner geworden.

Dus is de waarde van de regelbare weerstand afgenomen.

Opgave 32

- a ► Of de stroomsterkte I_{tot} toeneemt of afneemt, beredeneer je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

U_{tot} blijft gelijk.

$R_{\text{tot}} = R_1 + R_{\text{NTC}}$ (kenmerk van de weerstand in een serieschakeling)

R_1 is constant (ohmse weerstand).

R_{NTC} neemt af, omdat de temperatuur van de NTC stijgt.

Invullen van de veranderingen levert: R_{tot} neemt af.

- Invullen van de veranderingen van U_{tot} en R_{tot} in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:

(U_{tot} blijft gelijk) = $I_{\text{tot}} \cdot (R_{\text{tot}}$ neemt af)

Dus als de temperatuur stijgt, neemt de stroomsterkte in de schakeling toe.

- b ► De formule leid je af met de wet van Ohm toegepast op de NTC en toegepast op de gehele schakeling.

Wet van Ohm voor de gehele schakeling

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$R_{\text{tot}} = R_{\text{NTC}} + R_1$ (kenmerk van de weerstand in een serieschakeling)

$I_{\text{tot}} = I_{\text{NTC}}$ (kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling)

Invullen levert:

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{NTC}} \cdot (R_{\text{NTC}} + R_1)$$

$$I_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{tot}}}{R_{\text{NTC}} + R_1}$$

Wet van Ohm voor de NTC

$$U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

Combineren van de twee formules levert:

$$U_{\text{NTC}} = \frac{U_{\text{tot}}}{R_{\text{NTC}} + R_1} \cdot R_{\text{NTC}}$$

$$\text{Dus } U_{\text{NTC}} = \frac{R_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}} + R_1} \cdot U_{\text{tot}}$$

- c ► De gevoeligheid bereken je met de gegeven formule.

$$\text{gevoeligheid} = \frac{\Delta U}{\Delta T}$$

$$\Delta T = 40 - 20 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- De spanning bereken je met de formule gegeven bij vraag b.

$$U_{\text{NTC}} = \frac{R_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}} + R_1} \cdot U_{\text{tot}}$$

$$T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R_{20} = 0,57 \text{ k}\Omega = 0,57 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_1 = 0,40 \text{ k}\Omega = 0,40 \cdot 10^3 \Omega$$

$$U_{\text{tot}} = 5,0 \text{ V}$$

Invullen levert:

$$U_{\text{NTC}} = \frac{0,57 \cdot 10^3}{0,57 \cdot 10^3 + 0,40 \cdot 10^3} \times 5,0$$

$$U_{\text{NTC}} = 2,94 \text{ V}$$

$$\Delta U = 2,94 - 2,14 = 0,80 \text{ V}$$

$$T = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R_{40} = 0,30 \text{ k}\Omega = 0,30 \cdot 10^3 \Omega \text{ (aflezen uit figuur 64)}$$

$$R_1 = 0,40 \text{ k}\Omega = 0,40 \cdot 10^3 \Omega$$

$$U_{\text{tot}} = 5,0 \text{ V}$$

$$U_{\text{NTC}} = \frac{0,30 \cdot 10^3}{0,30 \cdot 10^3 + 0,40 \cdot 10^3} \times 5,0$$

$$U_{\text{NTC}} = 2,14 \text{ V}$$

Invullen van ΔT en ΔU in de formule gevoeligheid = $\frac{\Delta U}{\Delta T}$:

$$\text{gevoeligheid} = \frac{0,80}{20} = 4,000 \cdot 10^{-2} \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: gevoeligheid} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ V } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

- d ► Of de sensor voldoet aan de gestelde eis, laat je zien door de stroomsterkte I_{NTC} door de NTC te vergelijken met de maximale stroomsterkte.

$$I_{\text{max}} = 7,5 \text{ mA}$$

De grootste stroomsterkte I_{NTC} is bij de laagste waarde van R_{NTC} , dus als $T = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- De stroomsterkte bij $40 \text{ } ^\circ\text{C}$ bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

$$U_{\text{NTC}} = 2,14 \text{ V (zie antwoord vraag c)}$$

$$R_{\text{NTC}} = 0,30 \cdot 10^3 \Omega$$

$$2,14 = I_{\text{NTC}} \cdot 0,30 \cdot 10^3$$

$$I_{\text{NTC}} = \frac{2,14}{0,30 \cdot 10^3} = 7,13 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 7,13 \text{ mA}$$

Dat is minder dan 7,5 mA. Dus de sensor voldoet aan de eis.

- e Voorbeelden van antwoorden:

Een warme sensor blijft het water nog verwarmen terwijl de maximumtemperatuur al is bereikt.

Een warme sensor kan de warmte niet snel afvoeren, waardoor hij een te hoge temperatuur gaat aangeven.

Opgave 33

- a In figuur 65a zie je dat R_{LDR} groter wordt als de afstand tot de LDR groter wordt. Als de afstand tot de LDR groter wordt, valt er minder licht op de LDR. Dus als er minder licht op de LDR valt, wordt de weerstand van de LDR groter. (Dit komt overeen met de beschrijving van een eigenschap van een LDR).
- b Weerstand 1 en de LDR vormen een serieschakeling. In een serieschakeling staat de grootste spanning over de grootste weerstand. Als meer licht op de LDR valt, wordt de weerstand R_{LDR} kleiner en neemt U_{LDR} af en neemt U_1 toe (want $U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{LDR}}$ blijft gelijk). Dus de spanning U_1 neemt toe als de verlichtingssterkte toeneemt. Als de spanningsmeter dan over weerstand 1 is geplaatst, kun je zeggen dat als de aanwijzing op de spanningsmeter toeneemt, de verlichtingssterkte toeneemt. En dat is logisch.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c ► De afstand van de lamp tot de LDR bepaal je in het diagram van figuur 65a.
 ► De weerstand R_{LDR} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{LDR}} = I_{\text{LDR}} \cdot R_{\text{LDR}}$$

$I_{\text{LDR}} = I_1$ (kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling)

- U_{LDR} bereken je met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{LDR}}$$

$$U_{\text{tot}} = 5,0 \text{ V}$$

$$U_1 = 2,3 \text{ V}$$

Invullen levert: $5,0 = 2,3 + U_{\text{NTC}}$

$$U_{\text{NTC}} = 2,7 \text{ V}$$

- De stroomsterkte I_1 bereken je met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_1 = 2,3 \text{ V}$$

$R_1 = 220 \Omega$ (aflezen uit figuur 65b)

Invullen levert: $2,7 = I_1 \cdot 220$

$$I_1 = \frac{2,7}{220} = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

- Invullen van U_{NTC} en $I_{\text{NTC}} = I_1$ in de formule $U_{\text{LDR}} = I_{\text{LDR}} \cdot R_{\text{LDR}}$:

$$2,3 = 1,23 \cdot 10^{-2} \cdot R_{\text{LDR}}$$

$$R_{\text{LDR}} = \frac{2,3}{1,23 \cdot 10^{-2}} = 187,0 \Omega$$

In figuur 65a lees je af dat de afstand van de lamp tot de LDR als de spanningsmeter 2,3 V aanwijst gelijk is aan 0,28 m.

5.5 Gebruik van elektrische energie

Opgave 34

- a Dankzij deze apparaten wordt bewegingsenergie omgezet in elektrische energie.
- b Zie de tabel in figuur 5.12.

	conventionele centrale	kerncentrale	waterkracht-centrale	windmolen-park	zonnepark
Turbine	x	x	x		
Generator	x	x	x	x	

Figuur 5.12

- c Zie de tabel in figuur 5.13.

Centrale	Voordeel	Nadeel
conventionele centrale	relatief goedkoop	uitstoot broeikasgassen
kerncentrale	geen uitstoot broeikasgassen	radioactief afval
waterkrachtcentrale	geen vervuiling	aantasting van de natuur
windmolenpark	geen vervuiling	afhankelijk van de wind
zonnepark	geen vervuiling	afhankelijk van de zon

Figuur 5.13

Opgave 35

- a Boven zeewater is de gemiddelde windsnelheid hoger dan boven het land (aflezen uit figuur 77). Een grotere windsnelheid betekent een grotere energieopbrengst.
- b ► Het aantal huishoudens N dat op het windmolenpark kan worden aangesloten, bereken je met de verhouding tussen de geschatte energieopbrengst en de energie per huishouden.

$$N = \frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{huishouden}}}$$

$$E_{\text{totaal}} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ MJ} = 1,1 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

$$E_{\text{huishouden}} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ kWh} = 4,0 \cdot 10^3 \times 3,6 \cdot 10^6 = 1,44 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{Invullen levert: } N = \frac{1,1 \cdot 10^{15}}{1,44 \cdot 10^{10}} = 76\,389$$

$$\text{Afgerond: } N = 7,6 \cdot 10^4 \text{ huishoudens.}$$

- c ► Bij de omrekening van de eenheden naar de grondeenheden in het SI gebruik je Binas tabel 4.

$$[P] = \left[\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \right] = [\rho] \cdot [A] \cdot [v]^3$$

$$[P] = \text{J} \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij vermogen})$$

$$[J] = \text{N} \cdot \text{m} \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij energie})$$

$$N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij kracht})$$

$$[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij dichtheid})$$

$$[A] = \text{m}^2 \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij oppervlakte})$$

$$[v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{zie Binas tabel 4 bij snelheid})$$

$$\text{Invullen levert: } \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^3$$

$$\text{Hieruit volgt: } \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$$

Dus de eenheden links en rechts zijn aan elkaar gelijk.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- d ► Het vermogen P_{lucht} bij windkracht 6 bereken je met de gegeven formule voor het vermogen van de lucht.

$$P_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v_{\text{lucht}}^3$$

$$\rho = 1,293 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie Binas tabel 12})$$

$$v_{\text{lucht}} = \frac{43}{3,6} = 11,9 \text{ m s}^{-1}$$

- De oppervlakte A bereken je met de formule voor de oppervlakte van een cirkel.

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } A = \frac{1}{4} \pi \times 60^2 = 2,83 \cdot 10^3 \text{ m}^2$$

- Invullen van ρ , A en v_{lucht} in de formule voor het vermogen van de lucht.

$$P_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} \times 1,293 \times 2,83 \cdot 10^3 \times 11,9^3 = 3,083 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P_{\text{lucht}} = 3,1 \cdot 10^6 \text{ W (= 3,1 MW)}.$$

- e ► Het rendement van de windmolen bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{in}} = P_{\text{voor}} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$P_{\text{nuttig}} = P_{\text{na}} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 - \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot \left(\frac{v}{3}\right)^3 = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot \left(v^3 - \left(\frac{v}{3}\right)^3\right) = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot (0,963 \cdot v^3)$$

$$\text{Invullen levert: } \eta = \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot (0,963 \cdot v^3)}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3} = 0,963$$

$$\text{Afgerond: } \eta = 0,96. \text{ Dit is 96\%.}$$

Opgave 36

- a ► Hoelang de boot kan varen bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$$E = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$P = 4,0 \text{ kW} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\text{Invullen levert: } 3,6 \cdot 10^6 = 4,0 \cdot 10^3 \cdot t$$

$$t = \frac{3,6 \cdot 10^6}{4,0 \cdot 10^3} = 900 \text{ s} = \frac{900}{3600} = 0,25 \text{ h}$$

$$\text{Afgerond: } t = 0,25 \text{ h.}$$

- b ► De stroomsterkte door de motor bereken je met de formule voor vermogen.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 4,0 \text{ kW} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 43,2 \text{ V}$$

$$4,0 \cdot 10^3 = 43,2 \times I$$

$$I = \frac{4,0 \cdot 10^3}{43,2} = 92,59 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I = 93 \text{ A.}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c ► Het rendement van de gebruikte zonnecellen bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$P_{\text{nuttig}} = 1750 \text{ W}$, als 1000 W aan stralingsenergie op een oppervlakte van 1 m^2 valt.

- P_{in} bereken je uit de oppervlakte aan zonnecellen en de definitie van wattpiek.

Eén wattpiek is 1000 W op een oppervlakte van 1 m^2 .

De oppervlakte aan zonnecellen is $7,92 \text{ m}^2$.

$$P_{\text{in}} = 7,92 \times 1000 = 7,92 \cdot 10^3 \text{ W}$$

- Invullen van P_{nuttig} en P_{in} in de formule $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$:

$$\eta = \frac{1750}{7,92 \cdot 10^3} = 0,22096$$

Afgerond: $\eta = 0,221$. Dit is $\eta = 22,1\%$.

- d ► Hoelang het duurt om de batterijen volledig op te laden bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$E = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, want dit is de maximale energie die kan worden opgeslagen.

$P = 1750 \text{ W}$, want dit is het maximale vermogen dat de zonnecellen samen kunnen leveren.

$$\text{Invullen levert: } 1750 = \frac{3,6 \cdot 10^6}{t}$$

$$t = \frac{3,6 \cdot 10^6}{1750} = 2,057 \cdot 10^3 \text{ s} = \frac{2,057 \cdot 10^3}{3600} = 0,5714 \text{ h}$$

Afgerond: $t = 0,57 \text{ h}$.

Opgave 37

- a ► De energie per seconde P_{kabel} die in de kabel wordt omgezet in warmte bereken je met de formule voor vermogen en de wet van Ohm.

$$P_{\text{kabel}} = U_{\text{kabel}} \cdot I_{\text{kabel}} \text{ en } U_{\text{kabel}} = I_{\text{kabel}} \cdot R_{\text{kabel}}$$

$$\text{Dus } P_{\text{kabel}} = I_{\text{kabel}}^2 \cdot R_{\text{kabel}}$$

$I_{\text{kabel}} = I_{\text{pomp}}$ (kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling)

$R_{\text{kabel}} = 2 \times 0,34 = 0,68 \Omega$, want in de stroomkring gaat de stroom door de twee koperen draden in de kabel.

- De stroomsterkte I_{pomp} door de pomp bereken je met de formule voor vermogen.

$$P_{\text{pomp}} = U_{\text{pomp}} \cdot I_{\text{pomp}}$$

$$P = 2,2 \text{ kW} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } 2,2 \cdot 10^3 = 230 \times I_{\text{pomp}}$$

$$I_{\text{pomp}} = \frac{2,2 \cdot 10^3}{230} = 9,57 \text{ A}$$

- Invullen van $I_{\text{kabel}} = I_{\text{pomp}}$ en R_{kabel} in de formule $P_{\text{kabel}} = I_{\text{kabel}}^2 \cdot R_{\text{kabel}}$:

$$P_{\text{kabel}} = 9,57^2 \times 0,68 = 62,28 \text{ W}$$

Afgerond: $P_{\text{kabel}} = 62 \text{ W}$.

Dus de elektrische energie die per seconde in de kabel wordt omgezet in warmte is 62 J .

- b ► Hoeveel minuten de pomp kan draaien voordat de temperatuur van de kabel $30 \text{ }^\circ\text{C}$ gestegen is bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$$P = 62 \text{ W (zie vraag a)}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- De hoeveelheid energie E bereken je met de temperatuurstijging en de hoeveelheid warmte die nodig is om de temperatuur $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ te laten stijgen.

Er is 13 kJ nodig om de temperatuur $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ te laten stijgen.

De temperatuur van de kabel stijgt $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Er is dan $30 \times 13\text{ kJ} = 390\text{ kJ} = 390 \cdot 10^3\text{ J}$ aan energie nodig.

- Invullen van E en P in de formule $E = P \cdot t$:

$$390 \cdot 10^3 = 62 \cdot t$$

$$t = \frac{390 \cdot 10^3}{62} = 6,290 \cdot 10^3\text{ s} = \frac{6,290 \cdot 10^3}{60} = 104,8\text{ min}$$

Afgerond: $t = 1,0 \cdot 10^2\text{ min}$.

- c ► Of de tijdsduur waarin de temperatuur van de kabel $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ stijgt groter dan, kleiner dan of gelijk is aan die van vraag b, beredeneer je met de formule voor energie.

$$E_{25} = P_{25} \cdot t_{25}$$

Er is 390 kJ nodig om de temperatuur van 50 m kabel $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ te laten stijgen. Als de kabel wordt gehalveerd, is de helft van die energie nodig om de temperatuur van 25 m kabel $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ te laten stijgen.

Dus $E_{25} = 0,5 \cdot E_{50}$.

- De hoeveelheid warmte per seconde P_{25} bereken je met de formule voor vermogen en de wet van Ohm.

$$P_{25} = I_{25}^2 \cdot R_{25}$$

De stroomsterkte $I_{25} = I_{\text{pomp}}$ en die verandert niet, want het vermogen van de pomp en de spanning over de pomp veranderen niet.

- De weerstand R_{25} beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

Omdat de lengte ℓ van de kabel wordt gehalveerd, wordt ook de lengte van de aders gehalveerd. De weerstand van de kabel wordt dan ook gehalveerd, want de andere grootheden veranderen niet.

- Invullen van de veranderingen voor I_{25} en R_{25} in de formule $P_{25} = I_{25}^2 \cdot R_{25}$:

$$P_{25} = (I_{25} = I_{50})^2 \cdot (R_{25} = 0,5R_{50})$$

Dus $P_{25} = 0,5 \cdot P_{50}$.

- Invullen van de veranderingen van E en P in de formule $E = P \cdot t$.

Omdat zowel de energie E als het vermogen P worden gehalveerd, is de tijdsduur gelijk aan die in vraag b.

Opgave 38

- a ► Het rendement η van de boiler bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$

E_{nuttig} is de hoeveelheid warmte om het water te verwarmen.

E_{in} is de elektrische energie die nodig is om het verwarmingselement te laten werken.

- E_{nuttig} bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.

$$E_{\text{nuttig}} = Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$c = 4,18 \cdot 10^3\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ (zie Binas tabel 11)

$m = 0,30\text{ kg}$

$\Delta T = 95 - 20 = 75\text{ K}$ ($\Delta T_{\text{Celsius}} = \Delta T_{\text{kelvin}}$)

Invullen levert: $E_{\text{nuttig}} = 4,18 \cdot 10^3 \times 0,30 \times 75 = 9,41 \cdot 10^4\text{ J}$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- E_{in} bereken je met de formule voor energie.

$$E_{\text{in}} = P \cdot t$$

$$P = 1,40 \text{ kW} = 1,40 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$t = 104 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } E_{\text{in}} = 1,40 \cdot 10^3 \times 104 = 1,456 \cdot 10^5 \text{ J}$$

- Invullen van E_{nuttig} en E_{in} in de formule $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$:

$$\eta = \frac{9,41 \cdot 10^4}{1,456 \cdot 10^5} = 0,64529$$

Afgerond: $\eta = 0,65$. Dit is $\eta = 65\%$.

- b – ► De weerstand van het koffiezetapparaat zonder verlengsnoer R bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$U = 230 \text{ V}$, want dit is de netspanning.

- De stroomsterkte I bereken je met de formule voor het vermogen van het koffiezetapparaat.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 1,40 \text{ kW} = 1,40 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } 1,40 \cdot 10^3 = 230 \cdot I$$

$$I = \frac{1,40 \cdot 10^3}{230} = 6,087 \text{ A}$$

- Invullen van U en I in de formule $U = I \cdot R$:

$$230 = 6,087 \times R$$

$$R = \frac{230}{6,087} = 37,785 \Omega$$

Afgerond: $R = 37,8 \Omega$.

- ► De hoeveelheid warmte die per seconde wordt ontwikkeld in het verlengsnoer P_{snoer} bereken je met de formule voor vermogen en de wet van Ohm.

$$P_{\text{snoer}} = U_{\text{snoer}} \cdot I_{\text{snoer}} \text{ en } U_{\text{snoer}} = I_{\text{snoer}} \cdot R_{\text{snoer}}$$

$$\text{Hieruit volgt: } P_{\text{snoer}} = I_{\text{snoer}}^2 \cdot R_{\text{snoer}}$$

$$I_{\text{snoer}} = I_{\text{tot}} \text{ (kenmerk van de stroomsterkte in een serieschakeling)}$$

$$R_{\text{snoer}} = 2 \times 0,11 = 0,22 \Omega, \text{ want het snoer bestaat uit twee draden.}$$

- I_{tot} bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = 230 \text{ V, want dit is de netspanning.}$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{snoer}} + R = 0,22 + 37,8 = 38,02 \Omega \text{ (kenmerk van de weerstand in een serieschakeling)}$$

- Invullen van U_{tot} en R_{tot} in de formule $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$:

$$230 = I_{\text{tot}} \cdot 38,02$$

$$I_{\text{tot}} = \frac{230}{38,02} = 6,049 \text{ A}$$

- Invullen van $I_{\text{snoer}} = I_{\text{tot}}$ en R_{snoer} in de formule $P_{\text{snoer}} = I_{\text{snoer}}^2 \cdot R_{\text{snoer}}$:

$$P_{\text{snoer}} = 6,049^2 \times 0,22 = 8,050 \text{ W}$$

Afgerond: $P_{\text{snoer}} = 8,1 \text{ W}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 39

- a ► De stroomsterkte I_3 door zekering 3 bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$P_{\text{rem}} = U_{\text{rem}} \cdot I_3$$

$$U_{\text{rem}} = U_{\text{tot}} = 12 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

- Het vermogen P bereken je uit het aantal remlichten en het vermogen van een remlicht.

$$P_{\text{rem}} = 42 \text{ W, want er zijn twee remlichten met elk een vermogen van 21 W.}$$

- Invullen P_{rem} en U_{rem} in de formule $P_{\text{rem}} = U_{\text{rem}} \cdot I_3$:

$$42 = 12 \cdot I_3$$

$$I_3 = \frac{42}{12} = 3,500 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_3 = 3,5 \text{ A.}$$

- b De stroomsterkte door zekering 1 is kleiner geworden (want er is een deelstroom minder).
De stroomsterkte door zekering 2 is gelijk gebleven (want de stroomkring met zekering 2 is hetzelfde gebleven).

- c ► Het elektrische vermogen van de achterrautverwarming bereken je met de formule voor het vermogen en de wet van Ohm.

$$P_{\text{verwarming}} = U \cdot I_{\text{verwarming}} \text{ en } U = I_{\text{verwarming}} \cdot R_{\text{verwarming}}$$

$$\text{Hieruit volgt: } P_{\text{verwarming}} = I_{\text{verwarming}}^2 \cdot R_{\text{verwarming}}$$

$$I_{\text{verwarming}} = I_{\text{tot},2} \quad (\text{kenmerk van de stroomsterkte in de serieschakeling met zekering 2})$$

$$R_{\text{verwarming}} = 0,900 \, \Omega$$

- De stroomsterkte $I_{\text{tot},2}$ bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{tot},2} = I_{\text{tot},2} \cdot R_{\text{tot},2}$$

$$U_{\text{tot},2} = U_{\text{tot}} = 12 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$R_{\text{tot},2} = R_{\text{ruit}} + R_{\text{draad}} = 0,900 + 0,022 = 0,922 \, \Omega \quad (\text{kenmerk van de weerstand in een serieschakeling})$$

$$\text{Invullen levert: } 12 = I_{\text{tot},2} \cdot 0,922$$

$$I_{\text{tot},2} = \frac{12}{0,922} = 13,02 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_{\text{tot},2} = 13 \text{ A.}$$

- Invullen van $I_{\text{verwarming}} = I_{\text{tot},2}$ en $R_{\text{verwarming}}$ in de formule $P_{\text{verwarming}} = I_{\text{verwarming}}^2 \cdot R_{\text{verwarming}}$:

$$P_{\text{verwarming}} = 13^2 \times 0,900 = 152,10 \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P = 1,5 \cdot 10^2 \text{ W.}$$

- d – ► Dat de waarde van de nieuwe zekering goed is gekozen leg je uit door de stroomsterkte door de audioversterker te vergelijken met de stroomsterkte I_{zekering} .

$$I_{\text{zekering}} = 40 \text{ A}$$

- De stroomsterkte I_{audio} door de audioversterker bereken je met de formule voor het vermogen.

$$P_{\text{audio}} = U_{\text{audio}} \cdot I_{\text{audio}}$$

$$P_{\text{audio}} = 420 \text{ W}$$

$$U_{\text{audio}} = U_{\text{tot}} = 12 \text{ V} \quad (\text{kenmerk van de spanning in een parallelschakeling})$$

$$\text{Invullen levert: } 420 = 12 \cdot I_{\text{audio}}$$

$$I_{\text{audio}} = \frac{420}{12} = 35,0 \text{ A}$$

$$I_{\text{audio}} \text{ is kleiner dan } I_{\text{zekering}}. \text{ De zekering van } 40 \text{ A is dus groot genoeg.}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- ► Dat de opmerking over brandveiligheid gaat, leg je uit door de warmteontwikkeling in dikke draden te vergelijken met die in dunne draden.
De stroomsterkte door de aansluitdraden is hoger dan 20 A geworden. Het ontwikkelde vermogen (warmte per seconde) in de bestaande draden kan dan te hoog worden, waardoor brand kan ontstaan. Dikkere draden hebben een kleinere weerstand dan dunne draden. Hierdoor wordt er in dikke draden per seconde minder warmte ontwikkeld en er is daardoor een grotere brandveiligheid.
- e - ► De stroomsterkte I_{PPTC} door de PPTC bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{PPTC} = I_{PPTC} \cdot R_{PPTC}$$

$$U_{PPTC} = U_{tot} = 12 \text{ V (kenmerk van de spanning in een parallelschakeling)}$$

$$R_{PPTC} = 85 \, \Omega \quad (\text{aflezen uit figuur 79})$$
 Invullen levert: $12 = I_{PPTC} \cdot 85$

$$I_{PPTC} = \frac{12}{85} = 0,1412 \text{ A}$$
 Afgerond: $I_{PPTC} = 0,14 \text{ A}$
- Tijdens de kortsluiting zal de temperatuur van de PPTC toenemen.
De weerstand van de PPTC neemt bij hoge temperatuur toe, waardoor de stroomsterkte in de stroomkring met de PPTC uiteindelijk laag zal worden.

Opgave 40

- a ► De totale kosten in een jaar bereken je met de prijs van 1,0 kWh en de hoeveelheid gebruikte energie in een jaar.
 ► De hoeveelheid gebruikte energie E in een jaar bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$$P = 149 \text{ W} = 0,149 \text{ kW}$$

$$t = 13 \times 52 = 676 \text{ h, want een jaar heeft 52 weken en Mick kijkt ongeveer 13 h per week televisie.}$$
 Invullen levert: $E = 0,149 \times 676 = 100,7 \text{ kWh}$

 De prijs van 1,0 kWh elektrische energie bedraagt € 0,34.
 De kosten zijn dan $100,7 \times 0,34 = € 34,2380$.
 Afgerond: De totale kosten zijn € 34,24.
- b ► De hoeveelheid verspilde energie per jaar bereken je met de formule voor energie.

$$E_{\text{stand-by}} = P_{\text{stand-by}} \cdot t_{\text{stand-by}}$$

$$P_{\text{stand-by}} = 0,20 \text{ W}$$

 ► De tijd per jaar in stand-by $t_{\text{stand-by}}$ bereken je met de tijd in een jaar en de tijd dat er tv wordt gekeken.

$$t_{\text{stand-by}} = t_{\text{jaar}} - t_{\text{tv}}$$

$$t_{\text{jaar}} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \quad (\text{zie Binas tabel 5})$$

$$t_{\text{tv}} = 676 \text{ uur} = 676 \times 3600 = 2,434 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$t_{\text{stand-by}} = 3,15 \cdot 10^7 - 2,434 \cdot 10^6 = 2,907 \cdot 10^7 \text{ s}$$

 ► Invullen van $P_{\text{stand-by}}$ en $t_{\text{stand-by}}$ in de formule $E_{\text{stand-by}} = P_{\text{stand-by}} \cdot t_{\text{stand-by}}$:

$$E_{\text{stand-by}} = 0,20 \times 2,907 \cdot 10^7 = 5,814 \cdot 10^6 \text{ J}$$
 Afgerond: $E_{\text{stand-by}} = 5,8 \cdot 10^6 \text{ J}$.

$$1,0 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \quad (\text{zie Binas tabel 5})$$
 Dus
$$E_{\text{stand-by}} = \frac{5,814 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^6} = 1,615 \text{ kWh}$$
 Afgerond: $E_{\text{stand-by}} = 1,6 \text{ kWh}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 41

- a ► Om vast te stellen of je iets voelt als je contact maakt met een spanning van 50 V, vergelijk je de stroomsterkte waarbij je iets voelt met de stroomsterkte bij een spanning van 50 V onder droge omstandigheden.

$$I_{\text{voelen}} = 0,5 \text{ mA}$$

- De stroomsterkte $I_{\text{droog},50}$ bij een spanning van 50 V onder droge omstandigheden bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I_{\text{droog},50} \cdot R$$

$$U = 50 \text{ V}$$

$$R = 30 \text{ k}\Omega = 30 \cdot 10^3 \Omega$$

$$50 = I \cdot 30 \cdot 10^3$$

$$I_{\text{droog},50} = \frac{50}{30 \cdot 10^3} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 1,7 \text{ mA}$$

De stroomsterkte $I_{\text{droog},50}$ is groter dan 0,5 mA. Dus je voelt iets als je contact maakt met een spanning van 50 V.

- b ► Om te controleren of de aardlekschakelaar altijd uitschakelt, vergelijk je de stroomsterkte I_{aardlek} met de stroomsterkte bij een spanning van 230 V onder droge omstandigheden.

$$I_{\text{aardlek}} = 30 \text{ mA}$$

- De stroomsterkte $I_{\text{droog},230}$ bij een spanning van 230 V onder droge omstandigheden bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I_{\text{droog},230} \cdot R$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$R = 30 \text{ k}\Omega = 30 \cdot 10^3 \Omega$$

$$230 = I \cdot 30 \cdot 10^3$$

$$I_{\text{droog},230} = \frac{230}{30 \cdot 10^3} = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 7,7 \text{ mA}$$

De stroomsterkte $I_{\text{droog},230}$ is kleiner dan 30 mA. De aardlekschakelaar zal de stroomkring nu niet onderbreken.

- c ► De maximale stroomsterkte $I_{\text{max,nat}}$ onder natte omstandigheden bereken je met de wet van Ohm bij de maximale spanning en de minimale weerstand in de schakeling.

$$U_{\text{max}} = I_{\text{max,nat}} \cdot R_{\text{min}}$$

$$U_{\text{max}} = 230 \text{ V}$$

$$R_{\text{min}} = R_{\text{weerstand}} = 1,0 \text{ M}\Omega = 1,0 \cdot 10^6 \Omega \text{ (je verwaarloost dus de weerstanden van lampje, huid etc.)}$$

$$\text{Invullen levert: } 230 = I_{\text{max}} \cdot 1,0 \cdot 10^6$$

$$I_{\text{max}} = \frac{230}{1,0 \cdot 10^6} = 2,30 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 0,23 \text{ mA}$$

De stroomsterkte I_{max} is kleiner dan 0,5 mA en je voelt niets.
Dus er kan geen gevaarlijke situatie ontstaan.

Opmerking

De weerstand in de spanningszoeker, het lampje en je lichaam vormen een serieschakeling. In de praktijk zal de totale weerstand groter zijn en de stroomsterkte dus nog kleiner.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

Opgave 42

- a ► De hoeveelheid warmte die per seconde wordt ontwikkeld in 1,0 m elektriciteitsdraad bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.

$$P_{1,0\text{m}} = U_{1,0\text{m}} \cdot I$$

- De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$I = 16 \text{ A}$$

- De weerstand van 1,0 m koperdraad bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie BINAS tabel 8})$$

$$A = 2,5 \text{ mm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\ell = 1,0 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 17 \cdot 10^{-9} = \frac{R \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}}{1,0}$$

$$R = 6,80 \cdot 10^{-3} \Omega$$

- Invullen van R in de formule $U = I \cdot R$:

$$U_{1,0\text{m}} = 16 \times 6,80 \cdot 10^{-3} = 0,109 \text{ V}$$

- Invullen van $U_{1,0\text{m}}$ in de formule $P_{1,0\text{m}} = U_{1,0\text{m}} \cdot I$:

$$P_{1,0\text{m}} = 0,109 \times 16 = 1,74 \text{ W}$$

Afgerond wordt er per seconde 1,7 J aan warmte ontwikkeld in 1,0 m draad.

- b ► Waarom die doorsnede veel groter is dan 2,5 mm² leg je uit met het kenmerk van de stroomsterkte in een parallelschakeling.

De groepen zijn parallel aangesloten op de stroomdraad die naar de kWh-meter gaat.

De stroomsterkte in de stroomdraad naar de kWh-meter is de som van de stromen van de groepen.

Die stroom is dus veel groter. Om te voorkomen dat de draad smelt, moet de weerstand van de draad veel kleiner zijn. Uit de formule voor de soortelijke weerstand volgt dat de draad veel dikker moet zijn. (Alle andere grootheden in de formule voor de soortelijke weerstand zijn uiteraard hetzelfde.)

- c Omdat de warmte die ontstaat in de draad afgevoerd wordt via de buitenkant van de draad. Als de doorsnede van de draad tien keer zo groot wordt, wordt de omtrek en daardoor de buitenkant niet tien keer zo groot.

($A = \pi r^2$, als A tien keer zo groot wordt, wordt de omtrek maar ongeveer $\sqrt{10} = 3,2$ keer zo groot.)

Een draad van 25 mm² kan zijn warmte minder goed kwijt dan een draad van 2,5 mm² en wordt daardoor te heet.

Opmerking

Als de doorsnede 10 keer zo groot is, is de massa ook 10 keer zo groot.

Als de doorsnede 10 keer zo groot is, is de weerstand 10 keer zo klein.

Is de stroomsterkte 10 keer zo groot, dan is het warmtevermogen 10 keer zo groot ($P = I^2 \cdot R$).

Het warmtevermogen per kg is even groot voor een draad van 2,5 mm² en van 25 mm².

- d ► Waarom de stroomdraden naar de lamp in een boot dikker zijn dan die in je huis, leg je uit met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

ρ is gelijk.

ℓ is gelijk.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- De weerstand R bereken je met de formule voor vermogen en de wet van Ohm.

$$P = U \cdot I \text{ en } U = I \cdot R$$

$$\text{Hieruit volgt: } P = \frac{U^2}{R}$$

P is gelijk.

$$U_{\text{boot}} \text{ is veel kleiner dan } U_{\text{huis}}, \text{ want } \frac{U_{\text{boot}}}{U_{\text{huis}}} = \frac{12}{230} = 0,0522$$

$$\text{Invullen levert: } (P \text{ is gelijk}) = \frac{(U \text{ is veel kleiner})^2}{R}$$

Dus de weerstand van de draad naar de lamp in de boot moet veel kleiner zijn dan die in huis.

Uit de formule voor de soortelijke weerstand volgt dan dat de draden dikker moeten zijn, omdat de elektriciteitsdraden anders te warm kunnen worden en er brand kan ontstaan.

Opgave 43

- a – De stroomkring bestaat uit de onderdelen: spanningsbron, (verbindings)draden, schrikdraad, diode, aarde, metalen pen, spanningsbron.
- Als de draad niet aangeraakt wordt, is er geen gesloten stroomkring en loopt er geen stroom. Er wordt dus ook geen elektrische energie verbruikt.

- b ► De tijd bereken je met de formule voor elektrische energie en de formule voor vermogen.

$$E = P \cdot t \text{ en } P = U \cdot I$$

$E = E_{\text{accu}}$, dit is de hoeveelheid energie die maximaal in de accu kan worden opgeslagen.

$P = P_{\text{nuttig}}$, dit is het nuttig vermogen van het zonnepaneel.

$$E_{\text{accu}} = U_{\text{accu}} \cdot I_{\text{accu}} \cdot t_{\text{accu}}$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$I = 45 \text{ A}$$

$$t = 1,0 \text{ uur} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } E_{\text{accu}} = 12 \times 45 \times 3600 = 1,944 \cdot 10^5 \text{ J} = \frac{1,944 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^6} = 0,540 \text{ kWh}$$

- P_{nuttig} bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$\eta = 0,13, \text{ want het rendement is } 13\%.$$

$P_{\text{in}} = 0,95 \times 0,84 = 0,798 \text{ kW}$, want het zonlicht heeft een intensiteit van $0,95 \text{ kW m}^{-2}$ en het zonnepaneel heeft een oppervlakte van $0,84 \text{ m}^2$.

$$\text{Invullen levert: } 0,13 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{0,798}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,13 \times 0,798 = 0,104 \text{ kW}$$

- Invullen van E_{accu} en P_{nuttig} in de formule $E = P \cdot t$:

$$0,540 = 0,104 \cdot t$$

$$t = \frac{0,540}{0,104} = 5,192 \text{ h}$$

Afgerond: $t = 5,2 \text{ h}$.

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- c – De formule van P leid je af met de formule voor het elektrisch vermogen en de wet van Ohm.

$$P = U \cdot I \text{ en } U = I \cdot R$$

Uit de wet van Ohm volgt voor de stroomsterkte: $I = \frac{U}{R}$

Hieruit volgt: $P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$. Dus $P = \frac{U^2}{R}$.

- De maximale waarde van P bereken je met de gegeven formule voor het elektrisch vermogen.

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

$$U = 4,5 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$R = 500 \, \Omega$$

$$U = 2,0 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$R = 100 \, \Omega$$

(aflezen uit figuur 83a)

$$\text{Invullen levert: } P = \frac{(4,5 \cdot 10^3)^2}{500} = 40,5 \cdot 10^3 \text{ W} \quad P = \frac{(2,0 \cdot 10^3)^2}{100} = 40,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

In het diagram van figuur 83b lees je als maximale waarde $P = 40 \text{ kW}$ af.

Dus de maximale waarde van P in figuur 83b voor $100 \, \Omega$ en $500 \, \Omega$ is juist.

- d 1 De onbelaste uitgangsspanning is die van het open circuit. Deze bedraagt 8 kV (afgelezen uit figuur 83a) en is dus kleiner dan 10 kV . De installatie voldoet aan deze norm.
- 2 De duur van één puls is (minder dan) $0,3 \text{ ms}$ (afgelezen uit figuur 83a) en is dus kleiner dan 10 ms . De installatie voldoet aan deze norm.
- 3 De maximale stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

bij een belasting van $100 \, \Omega$

$$2,0 \cdot 10^3 = I \cdot 100$$

$$I = \frac{2,0 \cdot 10^3}{100} = 20 \text{ A}$$

bij een belasting van $500 \, \Omega$

$$4,5 \cdot 10^3 = I \cdot 100$$

$$I = \frac{4,5 \cdot 10^3}{500} = 9,0 \text{ A}$$

(afgelezen uit figuur 83a)

De maximale stroomsterkte mag niet meer zijn dan 15 A .

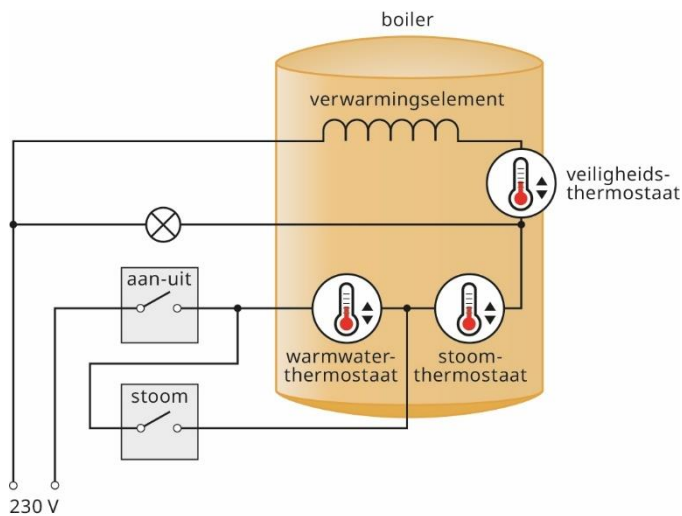
Bij $100 \, \Omega$ voldoet de schrikinstallatie dus niet aan de norm, bij $500 \, \Omega$ wel. Dus de schrikinstallatie voldoet niet aan deze norm.

- 4 De energie in één puls bepaal je met de oppervlakte onder de grafiek in het (P, t) -diagram uit figuur 83b. Je telt 9 hokjes met een breedte van $0,05 \text{ ms} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ en een hoogte van $10 \text{ kW} = 10 \cdot 10^3 \text{ W}$. De totale oppervlakte is $9 \times 10 \cdot 10^3 \times 0,05 \cdot 10^{-3} = 4,5 \text{ J}$. Dus de energie in één puls is kleiner dan 6 J . De installatie voldoet aan deze norm.

5.6 Afsluiting

Opgave 44 Cappuccino

a+b Zie de getekende verbindingen en de veiligheidsthermostaat in figuur 5.14.



Figuur 5.14

c ► De weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 230 \text{ V}$$

► De stroomsterkte bereken je met de formule voor vermogen.

$$P = U \cdot I \text{ met } P = P_{\text{in}}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

► P_{in} bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$\eta = 95\% = 0,95$$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,80 \text{ kW} = 0,80 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\text{Invullen levert: } 0,95 = \frac{0,80 \cdot 10^3}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{in}} = \frac{0,80 \cdot 10^3}{0,95} = 8,42 \cdot 10^2 \text{ W}$$

► Invullen van P_{in} en U in de formule $P = U \cdot I$ met $P = P_{\text{in}}$:

$$8,42 \cdot 10^2 = 230 \cdot I$$

$$I = \frac{8,42 \cdot 10^2}{230} = 3,66 \text{ A}$$

► Invullen van U en I in de formule $U = I \cdot R$:

$$230 = 3,66 \cdot R$$

$$R = \frac{230}{3,66} = 62,84 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } R = 63 \Omega.$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- d ► De diameter d bereken je met de formule voor de oppervlakte van een cirkel.

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

- De oppervlakte A bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

$$\rho = 1,10 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie Binas tabel 9})$$

$$R = 63 \Omega$$

$$\ell = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 1,10 \cdot 10^{-6} = \frac{63 \cdot A}{0,60}$$

$$A = \frac{1,10 \cdot 10^{-6} \times 0,60}{63} = 1,047 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

- Invullen van A in de formule $A = \frac{1}{4}\pi d^2$:

$$1,047 \cdot 10^{-8} = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 1,047 \cdot 10^{-8}}{\pi}} = 1,1545 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } d = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m} (= 0,12 \text{ mm}).$$

De diameter van de staaf in figuur 86 is duidelijk veel groter dan 0,12 mm. Dus Mara heeft gelijk.

Opgave 45 Waarschuwingsled

- a ► De draden teken je door de spanningsbron en de NTC in een stroomkring te verbinden en door een meter in serie en de andere parallel aan te sluiten op de NTC.

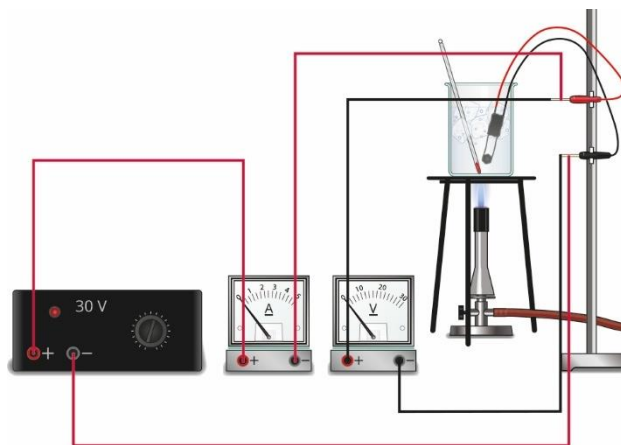
Zie de getekende verbindingen in figuur 5.15.

De stroommeter staat in serie met de NTC.

De spanningsmeter staat parallel aan de NTC.

- Bij het aansluiten let je op de + en – van de spanningsbron en van de meters.

De + van de meters is aangesloten op de draad die (eventueel via de NTC) naar de + van de spanningsbron gaat en de – van de meters op de draad die naar de – van de spanningsbron gaat.



Figuur 5.15

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- b De onafhankelijke variabele stel je zelf in. De afhankelijke variabele meet je.
Ze stellen de temperatuur van het water in en meten de spanning over en de stroomsterkte door de NTC.
Na het instellen van de spanning van de spanningbron op 5,0 V verandert de spanning over de NTC niet meer tijdens de metingen (want $U_{\text{bron}} = U_{\text{NTC}}$, kenmerk van de spanning in een parallelschakeling). Omdat de temperatuur van het water toeneemt, neemt de weerstand van de NTC af, dus de stroomsterkte door de NTC verandert wel. Dus de temperatuur van het water is de onafhankelijke variabele en de stroomsterkte is de afhankelijke variabele.

- c ► Of de grafiek in figuur 88 een omgekeerd evenredig verband weergeeft, leid je af met de coördinaten van de meetpunten (op de grafiek).
In de tabel van figuur 5.16 zie je de coördinaten van drie punten op de grafiek in figuur 88.

T (°C)	R (kΩ)
20	0,60
40	0,30
80	0,08

Figuur 5.16

Bij een omgekeerd evenredig verband wordt de ene grootte n keer zo klein als je de andere grootte n keer zo groot maakt. Als je de eerste twee coördinaten met elkaar vergelijkt, dan klopt het. Vergelijk je het eerste en het laatste coördinaat, dan klopt het niet. De weerstand zou dan 0,15 kΩ moeten zijn.

Dus het verband tussen de weerstand en de temperatuur is niet omgekeerd evenredig.

- d ► Dat de spanning over de regelbare weerstand minstens 1,5 V is als de led brandt, beredeneer je met het kenmerk van de spanning in een parallelschakeling.
In een parallelschakeling is de spanning over de onderdelen van de parallelschakeling hetzelfde.
 $U_{\text{reg}} = U_{\text{led}}$

► U_{led} bepaal je in figuur 90 met de minimale stroomsterkte die nodig is om de led te laten branden. De minimale stroomsterkte die nodig is om de led te laten branden is 1,0 mA. De erbij behorende spanning lees je af in figuur 90: $U_{\text{led}} = 1,5$ V.
Dus U_{reg} is ook 1,5 V.

- e ► De stroomsterkte door de NTC-weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

$$R_{\text{NTC}} = 0,59 \text{ k}\Omega = 5,9 \cdot 10^2 \Omega \quad (\text{aflezen in figuur 88 bij } T = 20^\circ\text{C})$$

► De spanning over de NTC bereken je met het kenmerk van de spanning in een serieschakeling.

$$U_{\text{bron}} = U_{\text{NTC}} + U_{\text{led+reg}}$$

$$U_{\text{bron}} = 5,0 \text{ V}$$

$$U_{\text{led+reg}} = U_{\text{led}} = 1,5 \text{ V}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,0 = U_{\text{NTC}} + 1,5$$

$$U_{\text{NTC}} = 3,50 \text{ V}$$

► Invullen van U_{NTC} en R_{NTC} in de formule $U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}}$:

$$3,50 = I_{\text{NTC}} \cdot 5,9 \cdot 10^2$$

$$I_{\text{NTC}} = \frac{3,50}{5,9 \cdot 10^2} = 5,9322 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_{\text{NTC}} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

4 vwo hoofdstuk 5 uitwerkingen

- f ► De grootte van de regelbare weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{reg}} = I_{\text{reg}} \cdot R_{\text{reg}}$$

$$U_{\text{reg}} = 1,5 \text{ V}$$

- De stroomsterkte I_{reg} bereken je met het kenmerk van de stroomsterkte in een parallelschakeling.

$$I_{\text{NTC}} = I_{\text{led}} + I_{\text{reg}}$$

$$I_{\text{NTC}} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{\text{led}} = 1,0 \text{ mA} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{Invullen levert: } 5,9 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-3} + I_{\text{reg}}$$

$$I_{\text{reg}} = 4,90 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

- Invullen van U_{reg} en I_{reg} in de formule $U_{\text{reg}} = I_{\text{reg}} \cdot R$:

$$1,5 = 4,90 \cdot 10^{-3} \cdot R_{\text{reg}}$$

$$R_{\text{reg}} = \frac{1,5}{4,90 \cdot 10^{-3}} = 306,1 \text{ } \Omega$$

$$\text{Afgerond: } R_{\text{reg}} = 3,1 \cdot 10^2 \text{ } \Omega.$$