

40 Bij sommige koffiezetapparaten wordt water met een temperatuur van 95 °C door een koffiepad (een zakje met gemalen koffie) geperst. Zo'n apparaat heeft een boiler met een elektrisch verwarmingselement. Het vermogen van de boiler is 1,40 kW. In de boiler zit 0,30 kg water van 20 °C. Als het apparaat is aangesloten op de netspanning duurt het 104 s totdat het water een temperatuur van 95 °C heeft.

a Bereken het rendement van de boiler.

Wim wil het koffiezetapparaat gebruiken op zijn terras. Hij gebruikt een verlengsnoer van 10 m. De twee koperen draden in het snoer hebben elk een doorsnede van 0,75 mm<sup>2</sup>.

Het koffiezetapparaat wordt via het verlengsnoer aangesloten op de netspanning. Als het water in de boiler wordt opgewarmd, ontstaat ook warmte in het verlengsnoer.

b Voer de volgende opdrachten uit:

- Toon aan dat de weerstand van het koffiezetapparaat zonder verlengsnoer gelijk is aan 37,8 Ω.
- Toon aan dat de weerstand van elke draad 0,11 Ω is.
- Bereken hoeveel warmte per seconde wordt ontwikkeld in het verlengsnoer tijdens het opwarmen van het water in de boiler.

**Opgave 40**

- a Het rendement bereken je met de formule voor rendement.  
 $E_{\text{nuttig}}$  bereken je met de formule voor soortelijke warmte.  
 $E_{\text{in}}$  bereken je met de formule voor energie.

$E_{\text{in}}$  is de elektrische energie die nodig is om het water op te warmen.  
 $E_{\text{in}} = P \cdot t$   
 $P = 1,40 \text{ kW} = 1,40 \cdot 10^3 \text{ W}$   
 $t = 104 \text{ s}$   
 $E_{\text{in}} = 1,40 \cdot 10^3 \times 104$   
 $E_{\text{in}} = 1,456 \cdot 10^5 \text{ J}$

$E_{\text{nuttig}}$  is de hoeveelheid warmte om het water te verwarmen.  
 $E_{\text{nuttig}} = c \cdot m \cdot \Delta T$   
 $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 $m = 0,30 \text{ kg}$   
 $\Delta T = 95 - 20 = 75 \text{ °C}$ . Dus  $\Delta T = 75 \text{ K}$ .  
 $E_{\text{nuttig}} = 4,18 \cdot 10^3 \times 0,30 \times 75 = 9,405 \cdot 10^4 \text{ J}$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$
$$\eta = \frac{9,405 \cdot 10^4}{1,456 \cdot 10^5} = 0,645$$

Afgerond: 0,65 (65%).

- b De weerstand van het koffiezetapparaat bereken je met de wet van Ohm.  
 $U$  is de netspanning.  
 $I$  bereken je met de formule voor het vermogen van het koffiezetapparaat.

$P = U \cdot I$   
 $P = 1,40 \text{ kW} = 1,40 \cdot 10^3 \text{ W}$   
 $U = U_{\text{net}} = 230 \text{ V}$   
 $1,40 \cdot 10^3 = 230 \cdot I$   
 $I = 6,086 \text{ A}$

$U = I \cdot R$   
 $230 = 6,086 \times R$   
 $R = 37,78 \text{ }\Omega$   
Afgerond: 37,8 Ω.

De weerstand van een draad bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

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

$\rho = 17 \cdot 10^{-9} \text{ }\Omega \text{ m}$  (zie BINAS tabel 8)  
 $\ell = 10 \text{ m}$   
 $A = 1,5 \text{ mm}^2 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$$17 \cdot 10^{-9} = \frac{R \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}}{10}$$

$R = 0,113 \text{ }\Omega$   
Afgerond: 0,11 Ω.

De warmteontwikkeling per seconde in de draad bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.

De weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling. De stroomsterkte volgt uit het kenmerk van stroom in een serieschakeling.

$I_{\text{tot}}$  bereken je met de wet van Ohm.  
 $U_{\text{tot}}$  is de netspanning.  
 $R_{\text{tot}}$  volgt uit het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

Voor de serieschakeling geldt:  $R_{\text{tot}} = 2R_{\text{draad}} + R_{\text{koffie}}$   
 $R_{\text{tot}} = 2 \times 0,11 + 37,8 = 38,02 \text{ }\Omega$   
 $U_{\text{tot}} = U_{\text{net}} = 230 \text{ V}$

$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \times R_{\text{tot}}$   
 $230 = I_{\text{tot}} \cdot 38,02$   
 $I_{\text{tot}} = 6,049 \text{ A}$

$P_{\text{draad}} = I_{\text{draad}}^2 \cdot R_{\text{draad}}$   
 $R_{\text{draad}} = 2 \times 0,11 = 0,22 \text{ }\Omega$   
 $P_{\text{draad}} = 6,049^2 \times 0,22$   
 $P = 8,051 \text{ W}$   
Afgerond: 8,05 W.