

- 45 De stroomdraden van de huisinstallatie bestaan uit een kern van koperdraad met daaromheen isolatie van kunststof. De doorsnede van de koperdraad is $1,5 \text{ mm}^2$. Een draad met die doorsnede mag maximaal een stroom voeren van 16 A.
- a Bereken hoeveel warmte per seconde wordt ontwikkeld in 1,0 m stroomdraad bij de maximale belasting van 16 A.
- Hoe groter de doorsnede van een draad, des te groter kan de maximale stroomsterkte zijn. De stroomdraad die naar de kWh-meter gaat heeft een koperkern met een doorsnede van $6,0 \text{ mm}^2$.
- b Leg uit waarom die doornede veel groter is dan die van de stroomdraden in de muren en de plafonds.
- Door een stroomdraad met een doorsnede van $2,5 \text{ mm}^2$ mag de stroomsterkte maximaal 27 A zijn. Is de doorsnede 10× zo groot, dan is de maximaal toegelaten stroom 105 A. De maximaal toegelaten stroom is dus niet recht evenredig met de doorsnede.
- c Geef hiervoor een natuurkundig argument.
- Op een boot is de spanning van de accu 12 V. Je wilt een lamp met een vermogen van 20 W aansluiten op de accu.
- d Waarom zijn de stroomdraden naar de lamp in je boot dikker dan die in je huis?

Opgave 45

- a De hoeveelheid warmte die per seconde ontstaat, bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.
De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.
De weerstand van 1,0 m koperdraad bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand.

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

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

$$A = 1,5 \text{ mm}^2 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\ell = 1,0 \text{ m}$$

$$17 \cdot 10^{-9} = \frac{R \times 1,5 \cdot 10^{-6}}{1,0}$$

$$R = 1,133 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$U = I \cdot R$$

$$I = 16 \text{ A}$$

$$U_{1,0\text{m}} = 16 \times 1,133 \cdot 10^{-2}$$

$$U_{1,0\text{m}} = 0,181 \text{ V}$$

$$P_{1,0\text{m}} = U_{1,0\text{m}} \cdot I$$

$$P_{1,0\text{m}} = 0,181 \times 16$$

$$P_{1,0\text{m}} = 2,90 \text{ W}$$

Afgerond ontstaat er 2,9 J per seconde aan warmte in 1,0 m draad.

- b Waarom die doorsnede veel groter is dan $2,5 \text{ mm}^2$ leg je uit met het kenmerk van stroom 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 doorbrandt, 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 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 buitenkant niet tien keer zo groot (maar ongeveer 3,2 keer). Een draad van 25 mm^2 kan zijn warmte minder goed kwijt dan een draad van $2,5 \text{ mm}^2$ 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 ($Q = I^2 \cdot R$).

Het warmtevermogen per kg is even groot voor een draad van $2,5 \text{ mm}^2$ en van 25 mm^2 .

- d Waarom de stroomdraden dikker zijn dan in je huis, leg je uit met de formule voor soortelijke weerstand.
De weerstand beredeneer je met de wet van Ohm.
De stroomsterkte beredeneer je met de formule voor elektrisch vermogen.

$$P = U \cdot I \text{ met } P = 20 \text{ W en } U = 230 \text{ V}$$

De spanning in huis (230 V) is bijna 20 keer groot als die op de boot (12 V).

Dus bij gelijk vermogen is de stroomsterkte in huis bijna 20 keer zo klein als op de boot.

Volgens de wet van Ohm moet de weerstand dan 20 keer zo klein zijn.

Uit de formule voor soortelijke weerstand volgt dan dat de draden dikker moeten zijn omdat anders de toevoerdraden te warm worden en er brand kan ontstaan.

(Alle andere grootheden in de formule voor soortelijke weerstand zijn uiteraard hetzelfde.)