

- 21 Als tijdens een onweer de spanning tussen een onweerswolk en de aarde erg hoog is, kan bliksem ontstaan. Over onweer en bliksem zijn de volgende gegevens bekend.
- 1 De spanning kan oplopen tot 100 MV (MV = megavolt).
  - 2 De stroomsterkte in een bliksemstraal kan oplopen tot 60 kA.
  - 3 De tijdsduur van een bliksem is gemiddeld 1 ms.
  - 4 Een gemiddelde bliksemstraal heeft een energie van 100 kWh.
  - 5 Elk jaar zijn in Nederland ongeveer  $2,5 \cdot 10^5$  bliksemontladingen.
- a Bereken met behulp van de eerste twee gegevens het maximale vermogen tijdens een ontlading.
- b Bereken met behulp van het derde en vierde gegeven het gemiddelde vermogen van een bliksemstraal.

Een gemiddeld gezin gebruikt per jaar  $4,0 \cdot 10^3$  kWh aan elektrische energie. Stel dat je alle energie die gemiddeld in een bliksemstraal aanwezig is, nuttig kunt gebruiken.

- c Bereken hoeveel gezinnen je jaarlijks met bliksemontladingen van elektrische energie zou kunnen voorzien.
- d Geef twee redenen waarom de energie van bliksem niet nuttig kan worden gebruikt.

Een bliksemafleider is een metalen staaf op het dak van een gebouw die via een metalen draad is verbonden met de grond. Vroeger was deze draad van koper, tegenwoordig van aluminium. De afmetingen van de draden zijn identiek. Voor de warmteontwikkeling in een draad geldt  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ .

- e Leg uit of er in de aluminiumdraad meer of minder warmte wordt ontwikkeld dan in de koperen draad. Neem aan dat de stroomsterkte in beide gevallen even groot is.

### 6.4 Gebruik van elektrische energie

#### Opgave 21

- a Het vermogen bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I \\ U &= 100 \text{ MV} = 100 \cdot 10^6 \text{ V} \\ I &= 60 \text{ kA} = 60 \cdot 10^3 \text{ A} \\ P &= 100 \cdot 10^6 \times 60 \cdot 10^3 = 6000 \cdot 10^9 \\ \text{Afgerond: } P &= 6,0 \cdot 10^{12} \text{ W.} \end{aligned}$$

- b Het gemiddelde vermogen van een bliksemstraal bereken je met de energie van een gemiddelde bliksemstraal en de tijd.

$$\begin{aligned} E_{\text{gem}} &= P_{\text{gem}} \cdot t \\ E_{\text{gem}} &= 100 \text{ kWh} = 100 \times 3,6 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^8 \text{ J} \\ t &= 1 \text{ ms} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s} \\ 3,6 \cdot 10^8 &= P_{\text{gem}} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \\ P_{\text{gem}} &= 3,6 \cdot 10^{11} \text{ W} \\ \text{Afgerond: } P_{\text{gem}} &= 4 \cdot 10^{11} \text{ W.} \end{aligned}$$

- c Het aantal gezinnen bereken je met het verbruik van een gezin in een jaar en de totale bliksemenergie per jaar.  
De totale bliksemenergie per jaar bereken je met de energie in een gemiddelde bliksemstraal en het aantal ontladingen in een jaar.

$$\begin{aligned} E_{\text{totaal}} &= E_{\text{gem}} \cdot \text{aantal ontladingen} \\ E_{\text{gem}} &= 100 \text{ kWh} \\ \text{aantal ontladingen} &= 2,5 \cdot 10^5 \\ E_{\text{totaal}} &= 100 \times 2,5 \cdot 10^5 = 2,5 \cdot 10^7 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{aantal gezinnen} = \frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{gezin}}}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{gezin}} &= 4,0 \cdot 10^3 \text{ kWh} \\ \text{aantal gezinnen} &= \frac{2,5 \cdot 10^7}{4,0 \cdot 10^3} = 6250 \end{aligned}$$

Afgerond:  $6,3 \cdot 10^3$  gezinnen.

- d Bij de berekening ga je ervan uit dat alle energie in de bliksem 'opgevangen' kan worden. Dit is nooit het geval. Bovendien kost het ook veel energie en geld om een geschikte installatie te bouwen om deze energie 'op te vangen'.
- e Of er meer of minder warmte in een aluminiumdraad wordt ontwikkeld beredeneer je met de gegeven formule voor de warmteontwikkeling in een draad:  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ .  
De warmteontwikkeling in een draad beredeneer je met de weerstand van de draad.  
De weerstand in een draad beredeneer je met de formule voor de soortelijke weerstand.

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

De soortelijke weerstand van aluminium is groter dan die van koper. De overige grootheden zijn hetzelfde. Dus de weerstand van aluminium is groter dan die van koper.

$Q = I^2 \cdot R \cdot t$   
De stroomsterkte en de tijd zijn hetzelfde.  
Dat betekent dat de warmteontwikkeling bij de aluminiumdraad groter is dan die bij koper.