

## § 4 Elektrische energie

### 4.1 Introductie

#### *Inleiding*

Het hoofdstuk gaat over het goed en veilig functioneren van elektrische schakelingen en over wetmatigheden die gelden voor elektrische schakelingen. Je hebt hierbij al diverse keren gezien dat in een apparaat, een draad of een weerstand warmte ontwikkeld wordt. Denk aan brandgevaar in de huisinstallatie en aan het doorbranden van zekeringen. In een elektrische installatie wil je zo min mogelijk warmteontwikkeling in de bron of in de bedrading. Bijvoorbeeld bij een schakeling van een batterij en een lampje wil je dat zoveel mogelijk elektrische energie naar het lampje gaat en zo min mogelijk elektrische energie in de batterij wordt omgezet in warmte. In deze paragraaf gaat het om de *warmteontwikkeling in bedrading en in apparaten*.

#### *Paragraafvragen*

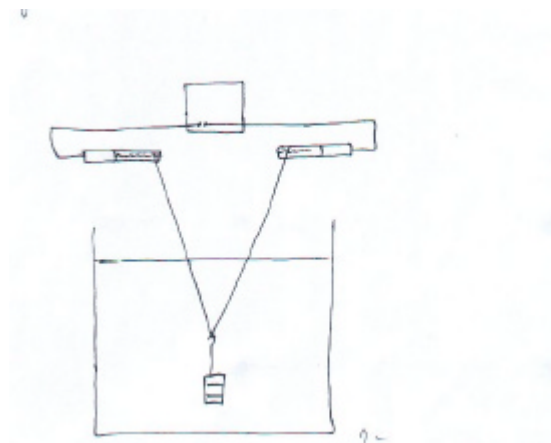
- P1 Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid *warmte die wordt ontwikkeld* in de bedrading, in de apparaten en in de bron?
- P2 Wat is de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen?

### 4.2 Het instapprobleem *Een roodgloeiende metaaldraad onderdompelen in water*

Een metaaldraad wordt aangesloten op een spanningsbron. Door de spanning op te draaien gaat de metaaldraad gloeien.

#### *Startvraag*

- I1 Wat er gebeurt als je de roodgloeiende metaaldraad deels onderdompelt in water?



figuur 4.1 een metaaldraad deels ondergedompeld in water

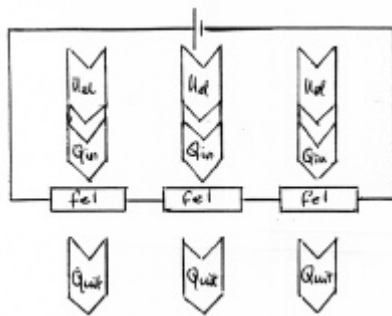
### Verwachting

Als de draad ondergedompeld is kun je deze opvatten als een serieschakeling van drie weerstanden: de draad boven water, de draad onder water en de draad boven water.

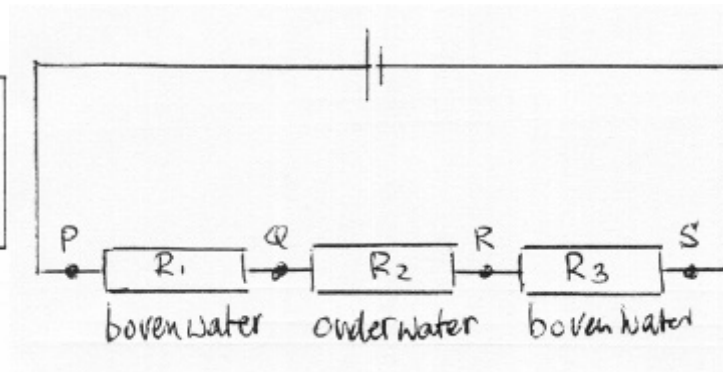
Als de draad nog niet ondergedompeld is geldt voor de draad als geheel hetzelfde warmte-evenwicht met de omgeving. Elektrische energie wordt omgezet in warmte, en warmte wordt afgegeven aan de omgeving. Bij warmte-evenwicht verandert de temperatuur niet meer en blijft de draad overal even fel gloeien. Dit warmte-evenwicht wordt verstoord door het onderdompelen.

Geef in het schema aan wat je verwacht dat er zal gebeuren als de draad fel gloeide toen hij nog niet was ondergedompeld..

Draaddeel	Hoe gloeit dat deel van de metaaldraad?
R1 niet ondergedompeld	Niet zwak/fel/zeer fel brandt door
R2 ondergedompeld	Niet zwak/fel/zeer fel brandt door
R3 niet ondergedompeld	Niet zwak/fel/zeer fel brandt door



figuur 4.2 Warmte-evenwicht



figuur 4.3 De metaaldraad als drie weerstanden in serie

### Vervolg vragen

- I2 Waarom gaat de draad boven water harder gloeien?
- I3 Waarom veroorzaakt het water geen kortsluiting?
- I4 Waarom heeft het onderdompelen overal in de schakeling gevolgen?

## 4.3 Opgaven

### 13. Gloeilamp

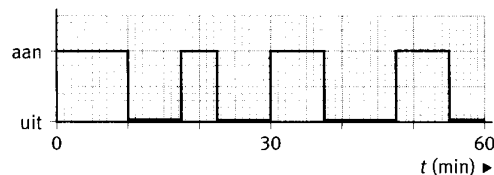
Een 60 W gloeilamp is aangesloten op de netspanning van 230 V.

- Hoe groot is de stroomsterkte in de lamp.
- Hoe groot is de weerstand van de lamp?
- De lamp wordt aangesloten op een lichtdimmer. Deze maakt de spanning over de lamp tweemaal zo klein. Hoe groot is nu het elektrisch vermogen van de lamp?

### 14. Elektrische kachel

Een elektrische kachel is aangesloten op de netspanning. Het verwarmingselement heeft een weerstand van 23 W.

- Bereken het elektrisch vermogen van de kachel.
- In de kachel zit een thermostaat die het verwarmingselement in- en uitschakelt om de kamertemperatuur constant te houden. Gedurende een uur is bijgehouden wanneer het verwarmingselement in- en uitgeschakeld was. Het resultaat is weergegeven in figuur 29
- Bereken de hoeveelheid elektrische energie (in kWh en in J) die de kachel in dat uur verbruikt.



Figuur 29

### 15. Serieschakeling van twee weerstanden

Twee weerstanden van 12  $\Omega$  en 48  $\Omega$  worden aangesloten op een 24 V spanningsbron.

- De twee weerstanden zijn in serie geschakeld. Hoe groot is het elektrisch vermogen dat de spanningsbron moet leveren?
- De twee weerstanden worden nu parallel geschakeld. Wordt het elektrisch vermogen dat de spanningsbron moet leveren daardoor groter of kleiner? Leg uit waarom. Hoeveel maal zo groot of klein wordt het dan?

### 16. Wasmachine

Een wasmachine heeft een maximaal elektrisch vermogen van 3,2 kW. Tijdens het afwerken van een volledig wasprogramma is het gemiddeld elektrisch vermogen van de wasmachine 2,4 kW. Het wasprogramma duurt 75 minuten.

- Leg uit waarom het gemiddeld elektrisch vermogen van de wasmachine tijdens het wasprogramma lager is dan het maximale elektrisch vermogen.
- Bereken de elektriciteitskosten van het draaien van het wasprogramma.
- De wasmachine is aangesloten op een aparte groep van de elektrische huisinstallatie. Zal de wasmachine met een zekering van 10, 16 of 25 A tegen overbelasting beveiligd zijn? Leg uit waarom.

De wasdroger heeft een maximaal elektrisch vermogen van 3,3 kW. De wasmachine en de wasdroger zijn aangesloten op dezelfde groep van de elektrische huisinstallatie. Mogen deze twee apparaten tegelijk ingeschakeld zijn? Waarom wel of niet?

#### 4.4 Toepassingsprobleem: warmteontwikkeling in een verlengssnoer

##### *Inleiding*

Om in de schuur een straalkacheltje (230V;1000 W) aan te kunnen sluiten maak je gebruik van een oprolbaar verlengsnoer (zie figuur). Voor dit verlengsnoer opgerold op een haspel geldt een maximaal toegestane stroomsterkte van 2,6 A. Volledig afgerold mag de stroom een sterkte hebben van 6,0 A. De weerstandswaarde van het verlengsnoer is circa 0,5  $\Omega$ .

In deze opdracht ga je uitzoeken:

- T1     Waarom is de maximaal toegestane stroomsterkte in een opgerold verlengsnoer lager dan in een afgerold verlengsnoer?
- T2     Waarom mag deze straalkachel niet aangesloten worden op een opgerold verlengsnoer?

Onderbouw je antwoorden met berekeningen van het warmtevermogen dat ontwikkeld wordt in het verlengsnoer.

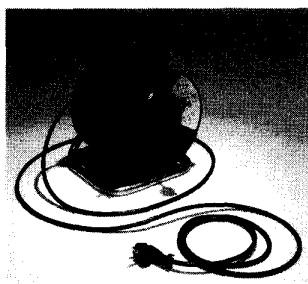
##### *Aanwijzingen*

- 1) Maak in je verklaring gebruik van het feit dat er een warmte-evenwicht ontstaat tussen haspel en omgeving.
- 2) Maak voor je berekeningen gebruik van de formules:
  - a)  $E = P \cdot t$
  - b)  $P_i = U_i I_i$
  - c)  $R_i = U_i / I_i$
- 3) De elektrische weerstand van een opgerold snoer is gelijk aan de elektrische weerstand van een uitgerold snoer. Neem aan dat die weerstand niet verandert als de temperatuur verandert.
- 4) Bereken in ieder geval de weerstand van de straalkachel. Neem aan dat die weerstandswaarde niet verandert als de temperatuur verandert.

Besteed tenminste tien minuten, maar niet meer dan twintig minuten aan deze opgave.

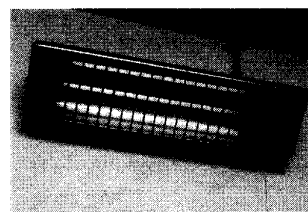
Noteer wat je hebt geprobeerd om het probleem op te lossen en neem dat mee.

In de volgende les gaan we bespreken hoe je dit probleem hebt aangepakt en hoe je zo nodig je aanpak kunt verbeteren..



**Figuur 30**

*Kabelhaspel.*



**Figuur 32**

*Straalkachel met twee verwarmingselementen.*

### ***Delen (in groepjes van drie of vier leerlingen)***

1. De oplossing
  - a. Vergelijk in je groepje jouw oplossing met die van anderen.
  - b. Hoe weet je of een oplossing juist is of niet?
  
2. De aanpak

Vergelijk je aanpak met die van medeleerlingen door het beantwoorden van de volgende vragen.

  - a. Het komt nog al eens voor dat je aan het begin van een probleem of halverwege vastloopt.  
Was dat met dit probleem ook zo? Heb je tips om verder te komen?
  - b. Voor het verkennen van het probleem maak je gebruik van een tekening van de schakeling. Wat bleek een handige tekening?
  - c. Symbolen hebben met een index  $i$  die verwijst naar onderdelen van de schakeling.  
Wie heeft daar gebruik van gemaakt en hielp dit bij het oplossen?
  - d. Formules gelden voor de gehele schakeling en voor delen van de schakeling.  
Hoe wist je met welke formule je moest beginnen en met welk deel van de schakeling?
  - e. Bij het probleem zijn een aantal aanwijzingen gegeven.  
Welke aanwijzingen had je nodig? Waren er ook overbodige aanwijzingen?
  
3. Zorg dat ieder het resultaat van 2. kan rapporteren

### ***Uitwisselen (klassikaal)***

Op basis van observaties tijdens het werken in groepen bespreekt de docent kort het antwoord op de probleemstelling.

Mogelijke vervolgvragen zijn:

- T3 Is het warmtevermogen van een kachel met verlengsnoer anders dan het warmtevermogen van een kachel alleen?
- T4 Werkt het kacheltje met een verlengsnoer wel op de juiste spanning?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2. rapporteert.

De docent vat de inbreng van de leerlingen samen geordend naar:

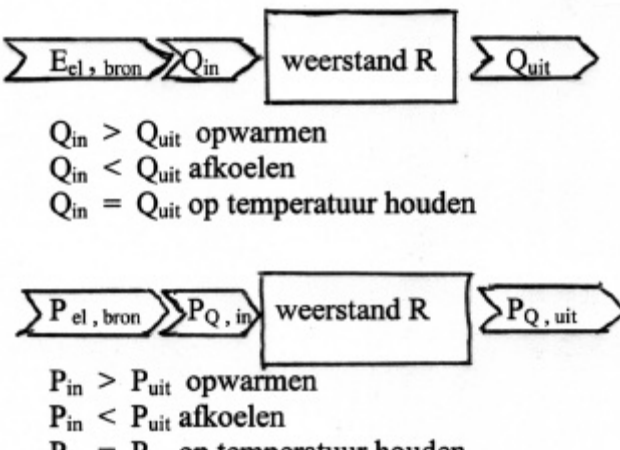
- de situatie verkennen
- een aanpak bedenken

#### 4.5 Afronding §4 Elektrische energie

*De paragraafvragen zijn*

P1 Hoe bereken je in een elektrische schakeling de hoeveelheid *warmte die wordt ontwikkeld* in de bedrading, de apparaten en de bron?

P2 Wat is de huisinstallatie de invloed van verlengsnoeren en bedrading op het goed werken van apparaten en lampen?

Begrippen en wetmatigheden	Toelichting
<p><i>Vermogensregel</i>      <math>P_i = U_i I_i</math></p>	
<p><i>Energieregel</i>      <math>E_i = P_i t</math></p>	
<p><i>Weerstandregel:</i>      <math>R_i = U_i / I_i</math></p>	
<p><i>warmte-evenwichtsregel</i></p>  <p> <math>Q_{in} &gt; Q_{uit}</math> opwarmen  <math>Q_{in} &lt; Q_{uit}</math> afkoelen  <math>Q_{in} = Q_{uit}</math> op temperatuur houden         </p> <p> <math>P_{in} &gt; P_{uit}</math> opwarmen  <math>P_{in} &lt; P_{uit}</math> afkoelen  <math>P_{in} = P_{uit}</math> op temperatuur houden         </p>	
<p><b>Jouw antwoord op de paragraafvragen</b></p>	
<p><b>Jouw vragen die (nog) niet beantwoord zijn</b></p>	

## 4.6 Uitwerkingen van opgaven

### 13 Vermogen van een gloeilamp

- $I = P/U = 60/230 = 0,26 \text{ A}$ .
- $R = U/I = 230/0,26 = 882 \text{ } \Omega = 8,8 \cdot 10^2 \text{ } \Omega$ .
- Als  $U$  2x zo klein, is  $I$  2x zo klein en dus  $P$  4x zo klein:  $P = 15 \text{ W}$ .

### 14 Vermogen van een elektrische kachel

- $P = UI$  en  $U=IR$   $I=U/R= 230/23 = 10 \text{ A}$   $P=UI = 230 \cdot 10 = 2,3 \text{ kW}$ .
- In 30 min:  $E = P t = 2300 \cdot (30 \cdot 60) = 4,1 \cdot 10^6 \text{ J}$   
In 30/60 = 0.5 uur  $E = 2,3 \cdot 0,5 = 1,15 \text{ kWh}$ .

### 15 Vermogen van twee weerstanden in serie en parallel

- De vervangingsweerstand is weerstand  $60 \text{ } \Omega$ ,  
de stroomsterkte  $I=U/R = 24/60 = 0,40 \text{ A}$ ;  $P = UI = 24 \cdot 0,40 = 9,6 \text{ W}$ .
- De vervangingsweerstand is  $9,6 \text{ } \Omega$ ,  
de stroomsterkte  $I=U/R=24/9,6 = 2,5 \text{ A}$ ;  $P = UI = 24 \cdot 2,5 = 60 \text{ W}$ .
- De spanning is hetzelfde  
De weerstand is  $60/9,6 = 6,25$  x zo klein,  
 $U = IR$  dus de stroomsterkte  $6,25$  x zo groot.  
 $P = UI$  dus het vermogen is  $6,25$  x zo groot.

### 16 Wasmachine

- Er wordt niet voortdurend verwarmd en de motor draait niet continu, dus gemiddeld is lager dan maximum..
- $E = P \cdot t = 2,4 \cdot 1,25 = 3,0 \text{ kWh}$ .
- Voor het maximumvermogen is de stroomsterkte  $3200/230 = 14 \text{ A}$ . Een zekering van  $16 \text{ A}$ .
- Samen is het  $5,7 \text{ kW}$ . De stroomsterkte is  $5700/230 = 24,8 \text{ A}$ . Dus niet op  $16 \text{ A}$

