

## 1 Elektriciteit

Elektrische schakelingen en energieverbruik | havo

### Uitwerkingen opgaven leerboek

#### 1.1 INTRODUCTIE

##### Opgave 1

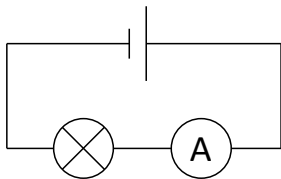
- a Waar
- b Niet waar: Elektronen stoten andere elektronen af.
- c Waar
- d Niet waar: De eenheid van stroomsterkte is ampère.
- e Waar

##### Opgave 2

- \* Het lampje geeft licht in situatie C.
- \* Er is sprake van een elektrische stroom in situatie C.
- \* Er is sprake van een spanning in situaties A, B en C.

##### Opgave 3

a



- b Het maakt bij een lamp niet uit vanaf welke kant de stroom komt, dus als je de spanningsbron omdraait brandt de lamp ook.

#### 1.2 ENERGIE EN VERMOGEN

##### Opgave 4

- a Waar
- b Niet waar: Een apparaat met een hoog vermogen hoeft geen hoog energiegebruik per jaar te hebben. Het gaat ook om de tijd die het apparaat aan staat.
- c Waar
- d Niet waar: Een apparaat dat veel elektrische energie per seconde gebruikt heeft een hoog vermogen. Een apparaat heeft een hoog rendement als het nuttige vermogen groot is in verhouding met het gebruikte vermogen.
- e Niet waar: Een ledlamp heeft een rendement van ongeveer 50%.
- f Waar
- g Niet waar: Elektriciteit kan ook met een accu of een zonnecel gemaakt worden.
- h Niet waar: Windenergie en waterkracht zijn duurzame energiebronnen. Kernenergie niet, de voorraad uranium (en thorium) is eindig. (Zonne-energie is ook een duurzame energiebron.)
- i Waar
- j Waar

##### Opgave 5

- a In een seconde gebruikt de televisie 150 J.
- b In een minuut gebruikt de televisie  $150 \times 60 = 9000 \text{ J} = 9,0 \cdot 10^3 \text{ J} = 9,0 \text{ kJ}$ .
- c 150 watt = 0,150 kW
- d In drie uur gebruikt de televisie  $0,150 \times 3 = 0,45 \text{ kWh}$ .

## Opgave 6

- a De standaardeenheid van energie is joule (J).
- b De standaardeenheid van vermogen is watt (W).
- c Energiebedrijven gebruiken kilowattuur (kWh) voor elektriciteitsgebruik.

## Opgave 7

b, c en e zijn waar.

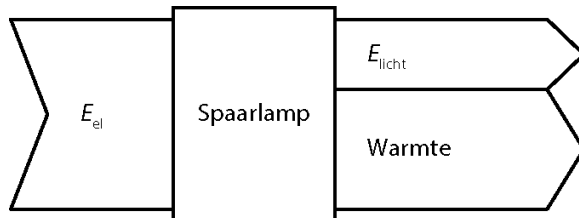
## Opgave 8

- a Het autolampje gebruikt per seconde meer energie.
- b Vermogen is de energie die een apparaat *per seconde* gebruikt.
- c Het rendement van de spaarlamp is veel groter.

## Opgave 9

a Er wordt 35% omgezet in licht, dus wordt er  $100\% - 35\% = 65\%$  niet omgezet in licht.

b



- c Een gloeilamp met hetzelfde vermogen geeft minder licht dan de spaarlamp, want het rendement is lager.
- d Gloeilampen worden vervangen door spaarlampen, want spaarlampen hebben een hoger **rendement**. Dat betekent dat spaarlampen een lager **vermogen** hebben, terwijl ze evenveel licht geven als gloeilampen.

## Opgave 10

- a  $100 - 40 = 60\%$  gaat 'verloren' aan warmte.
- b  $820 \text{ MW} = 820 \text{ duizend kW} = 820 \text{ miljoen W}$
- c Waterkrachtcentrales (bijna niet in Nederland), windturbines en zonnecellen zijn duurzame manieren om elektriciteit op te wekken.
- d Kernenergie is geen duurzame energiebron want de energiebron (uranium of thorium) raakt ook ooit op en er ontstaat radioactief afval.
- c Bijvoorbeeld: energie van windmolens (als het hard waait) of van zonnepanelen (als het zeer zonnig weer is), getijdenenergie en kernenergie (als er 's nachts weinig energie verbruikt wordt).
- e Bij opslag: de energiedichtheid van waterstof is groot. Bij transport: daarvoor kunnen bestaande gasleidingen gebruikt worden.

## Opgave 11

- a Voorbeelden van overtollige elektrische energie zijn: energie van windmolens (als het hard waait), energie van zonnepanelen (als het zeer zonnig weer is), getijdenenergie en kernenergie (als er 's nachts weinig energie verbruikt wordt).
- b Een voordeel van waterstof als energiedrager bij opslag is dat de energiedichtheid van waterstof groot is. Een voordeel bij transport is dat daarvoor bestaande gasleidingen gebruikt kunnen worden.
- c Bij het omzetten naar waterstof (en terug) is het rendement laag. Een groot deel van de energie gaat dan verloren. Dan is waterstof een dure oplossing.

## Opgave 12

- a Om te berekenen hoeveel energie een apparaat per jaar verbruikt heb je het vermogen nodig en de tijd die het apparaat aan staat. Dan geldt dat energie in kilowattuur = vermogen in kilowatt  $\times$  tijdsduur in uur.
- b De kosten van het energieverbruik bereken je door het energieverbruik (in kilowattuur) te vermenigvuldigen met de prijs van één kilowattuur.

## Opgave 13

- a  $E = P \cdot t = 0,0080 \times 5,0 = 0,040 \text{ kWh}$
- b  $E = P \cdot t = 8,0 \times 5,0 \times 3600 = 1,4 \cdot 10^5 \text{ J}$
- c  $E = P \cdot t = 0,0080 \times 5000 = 40 \text{ kWh}$   
 $E = P \cdot t = 8,0 \times 5000 \times 3600 = 1,4 \cdot 10^8 \text{ J}$
- d  $E = P \cdot t = 0,0080 \times 5,0 \times 365 = 14,6 \text{ kWh per jaar} \rightarrow \text{kosten: } 14,6 \times \text{€ } 0,46 = \text{€ } 6,72$
- e Het energiegebruik is vijf keer zo groot, dus zullen de kosten per jaar voor de gloeilamp ook vijf keer zo hoog zijn:  
 $14,6 \times \text{€ } 0,46 \times 5 = \text{€ } 33,58$ . De gloeilamp is per jaar dus  $\text{€ } 33,58 - \text{€ } 6,72 = \text{€ } 26,86$  duurder.

## Opgave 14

- a  $P = \frac{E}{t} = \frac{30 \cdot 10^3}{(1,0 \times 3600)} = 8,3 \text{ W}$
- b In 2,0 uur zal de lamp  $2,0 \times 30 = 60 \text{ kJ} = \frac{60 \cdot 10^3}{3,6 \cdot 10^3} = 17 \text{ Wh} = 0,017 \text{ kWh}$  gebruiken.
- c 30 kJ wordt gebruikt in 1,0 uur, dus wordt in 10 uur 0,30 MJ (= 300 kJ) gebruikt.

## Opgave 15

- a  $P = \frac{E}{t} = \frac{1,3 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = 0,054 \text{ kW} = 54 \text{ W}$
- b  $E = P \cdot t = 1,3 \times 7 = 9,1 \text{ kWh}$
- c De waterpomp gebruikt 1,3 kWh per dag dus 130 kWh in 100 dagen.

## Opgave 16

- a Lamp A brandt het kortst op 1,0 kWh en heeft dus het grootste vermogen.  
Lamp B kan 2,5  $\times$  langer branden op 1,0 kWh, dus het vermogen van lamp A is 2,5  $\times$  zo groot als dat van lamp B.
- b Nee, je weet alleen hoeveel energie erin gaat, niet hoeveel nuttige (licht)energie eruit komt.

## Opgave 17

- a  $E_{\text{in}} = P \cdot t = 15 \times 15 \times 60 = 13,5 \cdot 10^3 \text{ J} = 14 \text{ kJ}$
- b  $E_{\text{nuttig}} = \eta \cdot E_{\text{in}} = 0,43 \times 13,5 \cdot 10^3 = 5,8 \cdot 10^3 = 5,8 \text{ kJ}$

## Opgave 18

- a De helft van de gebruikte energie wordt omgezet in licht, dus het rendement is 50%.
- b Het rendement is het percentage van de ingaande energie dat nuttig gebruikt wordt. Die verhouding kun je als schrijven als 50%, maar ook als factor: 0,50.
- c  $P_{\text{el}} = \frac{E_{\text{el}}}{t} = \frac{180}{60} = 3,0 \text{ W}$
- d  $P_{\text{nuttig}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{t} = \frac{90}{60} = 1,5 \text{ W}$

## Opgave 19

$P_{\text{tot}} = 7,5 + 6,8 + 3,3 + 2,9 = 20,5 \text{ W} = 0,0205 \text{ kW} \rightarrow E = P \cdot t = 0,0205 \times 24 = 0,492 \text{ kWh} \rightarrow$   
kosten per dag:  $0,492 \times \text{€ } 0,46 = \text{€ } 0,23$

## Opgave 20

- a Als de temperatuur van het water hoog genoeg is, gaat de verwarming uit en zal de wasmachine een lager vermogen gebruiken.
- b  $E = P_{\text{gem}} \cdot t = 2,1 \times \frac{100}{60} = 3,5 \text{ kWh} \rightarrow \text{kosten: } 3,5 \times \text{€ } 0,46 = \text{€ } 1,61$

## Opgave 21

- a De gloeilamp wordt erg heet en kun je niet aanraken, de spaarlamp kun je wel aanraken als hij brandt.
- b Het rendement gaat van 5% naar 35% dus met een factor 7 omhoog. Als de nuttige energie ( $E_{\text{nuttig}}$ ) gelijk blijft, gaat de gebruikte energie ( $E_{\text{in}}$ ) met een factor 7 omlaag ( $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$ ).
- c  $2100 \text{ MJ} = 2,1 \text{ GJ}$ . Het energiegebruik wordt:  $\frac{2,1}{7} = 0,3 \text{ GJ}$  dus de besparing is  $2,1 - 0,3 = 1,8 \text{ GJ}$ .
- d De gloeilampen verwarmen de kamer een beetje. Als de gloeilampen vervangen worden door spaarlampen, wordt het huis minder verwarmd door de lampen en is er dus in de winter meer energie nodig voor de verwarming van het huis.

## Opgave 22

- a De energiedichtheid van benzine is 33 MJ/L, dus bevat een volle tank:  $E_{\text{in}} = 33 \times 44 = 1452 \text{ MJ} = 1,45 \text{ GJ}$ .
- b De tank waterstof bevat  $\frac{1452}{625} = 2,32 \times$  zo weinig energie, maar het rendement is  $3 \times$  zo hoog. De actieradius is dus  $\frac{3}{2,32} = 1,29 \times$  zo groot:  $1,29 \times 560 = 723 \text{ km}$ .
- c  $m = \frac{625 \cdot 10^3 \text{ kJ}}{500 \text{ kJ/kg}} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- d Een accu van 1,25 ton is te zwaar voor een personenauto. Met een lichtere accu kom je minder ver.

## Opgave 23

- a –
- b elektrische energie  $E$  in joule (J) of in kilowattuur (kWh)  
vermogen  $P$  in watt (W) of joule per seconde (J/s)  
rendement  $\eta$  in % of als een getal tussen 0 en 1  
energiedichtheid in kilojoule (of megajoule) per kilogram (kJ/kg of MJ/kg)  
capaciteit in MJ of kWh
- c  $E = P \cdot t$   
 $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \times 100\%$  of  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$   
 $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$  of  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$

## 1.3 SPANNING EN STROOMSTERKTE

### Opgave 24

- a Waar
- b Waar
- c Waar
- d Waar
- e Niet waar: Een apparaat dat werkt op een lage spanning, bijvoorbeeld 12 V, heeft een vermogen dat afhankelijk is van de stroomsterkte. Bij een grote stroomsterkte zal het apparaat een groot vermogen hebben.
- f Waar
- g Waar:
- h Waar
- i Waar
- j Waar

## Opgave 25

- a Door de aansluitdraden bewegen vrije elektronen.
- b Elektronen hebben een negatieve lading.
- c De elektronen bewegen van de minpool van de spanningsbron naar de pluspool.
- d De elektrische stroom loopt van de pluspool van de bron naar de minpool.
- e De spanningsbron pompt elektronen rond, dat kan alleen als de kring gesloten is.
- f Als de spanning van de bron groter wordt gemaakt, krijgen de elektronen meer energie mee en geven meer energie af in het apparaat.

## Opgave 26

- a In het verwarmingselement geeft één elektron de meeste energie af, want dit werkt op de grootste spanning.
- b Het vermogen is even groot dus door het apparaat met de kleinste spanning gaat de grootste stroomsterkte. Door de achterruitverwarming stromen per seconde de meeste elektronen.
- c In beide apparaten wordt evenveel energie per seconde omgezet, want het vermogen is even groot.

## Opgave 27

- a In zuiver water zitten geen ionen of vrije elektronen. Deze zijn nodig om de stroom te geleiden.
- b Door ionen toe te voegen aan het water. Dit kan bijvoorbeeld door er wat keukenzout in op te lossen.

## Opgave 28

- a Een accu levert gelijkspanning.
- b Adapters worden vaak gebruikt bij apparaten die ook op batterijen werken. Dan heeft het apparaat gelijkspanning nodig.

## Opgave 29

**B**

## Opgave 30

- a Er stroomt per seconde 2,5 C door het apparaat.
- b Het aantal elektronen dat per seconde door het apparaat stroomt kun je berekenen door te kijken hoe vaak  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C past in 2,5 C. Je deelt dan dus 2,5 C door  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C. (De uitkomst is  $1,6 \cdot 10^{19}$  elektronen.)

## Opgave 31

- a Met beide: de elektrische energie is evenredig met de spanning én met de stroomsterkte.
- b vermogen = spanning  $\times$  stroomsterkte

## Opgave 32

a  $U = \frac{P}{I} = \frac{55}{4,6} = 12 \text{ V}$

- b 4,6 A is 4,6 C/s en elk elektron heeft een lading van  $1,60 \cdot 10^{-19}$  C. Per seconde stromen dus  $\frac{4,6}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,9 \cdot 10^{19}$  elektronen door de lamp.

c Het stopcontact levert een spanning van 230 V, dus  $I = \frac{P}{U} = \frac{55}{230} = 0,24 \text{ A}$ .

## Opgave 33

$P_{\text{tot}} = 7,5 + 6,8 + 3,3 + 2,9 = 20,5 \text{ W} \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{20,5}{230} = 0,089 \text{ A}$

## Opgave 34

- a  $12 \text{ V} = 12$  joule per coulomb
- b  $3,0 \text{ A} = 3,0$  coulomb per seconde
- c  $12 \text{ J/C} \times 3 \text{ C/s} = 36 \text{ J/s}$  (of  $P = U \cdot I = 12 \times 3,0 = 36 \text{ W}$  dus 36 J per s)
- d  $P = 36 \text{ W}$  en  $t = 4,5$  uur.  $E = P \cdot t = 36 \text{ W} \times 4,5 \text{ uur} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ Wh}$

### Opgave 35

- a  $P = U \cdot I = 230 \times 9,1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ W} = 2,1 \text{ kW}$
- b De netspanning blijft 230 V dus bij maximaal vermogen is de stroomsterkte groter dan 9,1 A.  
(Of: de stroomsterkte bij maximaal vermogen is  $\frac{3 \text{ kW}}{230 \text{ V}} = \frac{3000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 13 \text{ A}$ . Dit is meer dan 9,1 A.)

### Opgave 36

- a  $I = \frac{Q}{t} = \frac{6,4}{0,010} = 640 = 6,4 \cdot 10^2 \text{ A}$
- b  $Q_{\text{elektron}} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Er zijn dus  $\frac{6,4}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 4,0 \cdot 10^{19}$  elektronen naar de aarde gestroomd.
- c Er stroomt door draad B  $2 \times 3 = 6$  keer zoveel lading in een seconde.  
Dus de stroomsterkte door draad B is  $6 \times 0,15 = 0,90 \text{ C/s} = 0,90 \text{ A}$ .

### Opgave 37

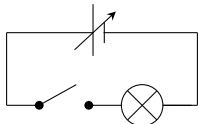
- a Wh is een maat voor energie, dus het is de capaciteit.
- b  $E = P \cdot t \rightarrow 2,5 \text{ Wh} = 0,18 \text{ W} \times t \rightarrow t = \frac{2,5 \text{ Wh}}{0,18 \text{ W}} = 14 \text{ uur}$
- c  $P = U \cdot I = 1,2 \times 0,050 = 0,060 \text{ W}$ , en  $E = P \cdot t \rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{2,5 \text{ Wh}}{0,060 \text{ W}} = 41,7 = 42 \text{ uur}$
- d  $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t = 0,050 \times 41,7 \times 3600 = 7,5 \cdot 10^3 \text{ C}$

### Opgave 38

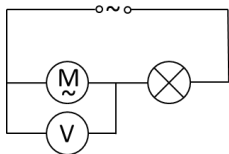
- a De bollen trekken elkaar aan.
- b Er loopt heel even een elektrische stroom van de positief geladen bol naar de negatief geladen bol, dus van links naar rechts.
- c Vrije elektronen zorgen voor het ladingtransport
- d De vrije elektronen bewegen van de min naar de plus, dus van rechts naar links.

### Opgave 39

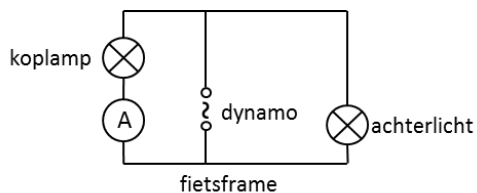
a



b



c



## Opgave 40

- a  $P = U \cdot I = 230 \times 0,15 = 34,5 = 35 \text{ W}$
- b Elke dag 90 minuten = 1,5 uur opladen, dat is een jaarlijks energiegebruik van  $E = P \cdot t = 0,0345 \times 1,5 \times 365 = 18,9 \text{ kWh}$ . Dat kost  $18,9 \times \text{€ } 0,46 = \text{€ } 8,69$ .
- c In een adapter gaat weinig energie verloren. Het vermogen dat de adapter levert is dan vrijwel gelijk aan het vermogen uit het stopcontact. De spanning is veel lager (4,4 V in plaats van 230 V), dan moet de stroom wel veel groter zijn (omdat  $P = U \cdot I$ ).

## Opgave 41

- a  $I = \frac{P}{U} = \frac{35}{5,0} = 7,0 \text{ A}$
- b  $t = \frac{150}{60} = 2,5$  uur dus de capaciteit is  $E = P \cdot t = 35 \times 2,5 = 88 \text{ Wh}$

## Opgave 42

- a –
- b stroomsterkte  $I$  in ampère (A) of in coulomb per seconde (C/s)  
spanning  $U$  in volt (V)  
lading  $Q$  in coulomb (C)  
vermogen  $P$  in watt (W) of in joule per seconde (J/s)
- c  $P = U \cdot I$  en  $I = \frac{Q}{t}$

## 1.4 WEERSTAND

### Opgave 43

- a Waar
- b Niet waar. Huishoudelijke apparaten met een groot vermogen hebben een kleine weerstand.
- c Waar
- d Niet waar. Hoe dikker de draad des te kleiner is de weerstand.
- e Niet waar: Bij een NTC wordt de weerstand kleiner als de temperatuur stijgt.
- f Waar
- g Waar
- h Waar
- i Waar

### Opgave 44

- a Een apparaat met een grotere stroomsterkte heeft het grootste vermogen.
- b Een apparaat met een kleinere stroomsterkte heeft de grootste weerstand.
- c Bij een apparaat met een kleinere weerstand is de stroomsterkte groter. Dan is ook het vermogen groter. Het apparaat met de kleinste weerstand heeft dus het grootste vermogen.

### Opgave 45

- a Door het verwarmingselement van de waterkoker gaat de grootste stroom, want de waterkoker heeft het grootste vermogen.
- b Het verwarmingselement van het broodrooster heeft de grootste weerstand, want daar is de stroomsterkte kleiner.

## Opgave 46

- a Direct na het inschakelen is de stroomsterkte iets groter, dus de weerstand iets kleiner.
- b Bij een PTC-weerstand wordt de weerstand groter als de temperatuur stijgt.
- c Direct na het inschakelen is de weerstand iets kleiner dan normaal (en dus de stroomsterkte iets groter), want dan is de temperatuur nog laag.

## Opgave 47

- a Als je de spanning verlaagt, wordt de stroomsterkte kleiner.
- b Het vermogen wordt dan (dubbel) kleiner, doordat zowel de spanning als de stroomsterkte kleiner worden.
- c De gloeidraad in de gloeilamp is een PTC-weerstand. Dus wordt de weerstand iets kleiner, doordat de temperatuur lager wordt.

## Opgave 48

- a Het aantal vrije elektronen wordt groter, als er meer licht op de LDR valt.
- b De weerstand wordt dan kleiner.
- c Het aantal vrije elektronen wordt groter, als de temperatuur van een NTC stijgt.
- d De weerstand wordt dan kleiner.

## Opgave 49

- a In de doorlaatrichting is de weerstand klein, in de sperrichting is de weerstand (oneindig) groot. De weerstand in de doorlaatrichting is dus kleiner dan die in de sperrichting.
- b Alleen als de spanning positief is, dus als de diode goed is aangesloten, loopt er stroom. In de sperrichting is de stroomsterkte nul.
- c Schakeling A: De lange kant van de gelijkspanningsbron is de pluspool. Als er stroom loopt is dat van plus naar min, dus van links naar rechts door de diode. Maar dat is tegen de voorwaartse stroomrichting van de diode in. Er loopt geen stroom, de lamp zal niet branden.  
Schakeling B: Het is een wisselspanningsbron. De stroom zal iets minder dan de helft van de tijd in de voorwaartse richting door de diode lopen. De lamp brandt daardoor minder fel, want niet continu.  
Schakeling C: Nu zal de (wissel)stroom afwisselend door de bovenste diode en door de onderste diode lopen. De lamp zal fel branden.

## Opgave 50

- a Om de weerstand te berekenen heb je de spanning en de stroomsterkte nodig  $U = I \cdot R$  en dus  $R = \frac{U}{I}$ .
- b De drie eigenschappen die de weerstand van een metalen draad bepalen zijn: lengte, dikte (of oppervlakte van de doorsnede) en het materiaal (de soortelijke weerstand).

## Opgave 51

- a Als de spanning drie keer zo groot wordt, dan wordt de stroomsterkte **ook drie keer zo groot**.
- b Het  $I, U$ -diagram van een ohmse weerstand is een rechte lijn door de oorsprong.
- c Als  $U$  evenredig is met  $I$ , is de verhouding  $\frac{U}{I}$  constant en  $R = \frac{U}{I}$ .

## Opgave 52

- a  $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{6,0}{0,12} = 50 \Omega$
- b  $U = I \cdot R \rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{10}{50} = 0,20 \text{ A}$
- c  $U = I \cdot R = 0,17 \times 50 = 8,5 \text{ V}$



## Opgave 53

- a  $U = I \cdot R \rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{9,0}{20} = 0,45 \text{ A}$
- b Een weerstand van  $200 \Omega$  is tien keer zo groot als  $20 \Omega$ , dus is de stroomsterkte tien keer zo klein:  $0,045 \text{ A}$ .
- c Een weerstand van  $100 \Omega$  is twee keer zo klein als  $200 \Omega$ , dus de stroomsterkte twee keer zo groot:  $0,090 \text{ A}$ .
- d Een stroomsterkte van  $0,90 \text{ A}$  is tien keer zo groot als  $0,090 \text{ A}$ , dus is de weerstand tien keer zo klein:  $10 \Omega$ .

## Opgave 54

- a Het broodrooster heeft de grootste weerstand, want het heeft het kleinste vermogen. Dus bij dezelfde spanning gaat door het broodrooster de kleinste stroom.
- b  $P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{230} = 6,52 \text{ A} \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{230}{6,52} = 35,3 = 35 \Omega$
- c Het vermogen van het broodrooster is drie keer zo klein, dus is de stroomsterkte drie keer zo klein en de weerstand drie keer zo groot:  $3 \times 35,3 = 106 \Omega = 1,1 \cdot 10^2 \Omega$ .

## Opgave 55

- a De lampen zijn parallel op de dynamo aangesloten, want de stroomsterkte verschilt.
- b Het achterlicht heeft de grootste weerstand, want hier gaat de kleinste stroom door.
- c  $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{6,0}{0,050} = 1,2 \cdot 10^2 \Omega$
- d De stroomsterkte door de koplamp is tien keer zo groot als door het achterlicht, dus is de weerstand tien keer zo klein:  $12 \Omega$ .
- e  $I_{\text{tot}} = I_{\text{koplamp}} + I_{\text{achterlicht}} = 0,50 + 0,050 = 0,55 \text{ A} \rightarrow P = U \cdot I = 6,0 \times 0,55 = 3,3 \text{ W}$

## Opgave 56

- a Bewering **A** en **C** zijn juist.
- b De draden zijn niet van hetzelfde materiaal gemaakt, want dan zou de weerstand van draad 1 twee keer zo groot moeten zijn als de weerstand van draad 2. Uit de grafiek blijkt dat de weerstand van draad 1 juist twee keer zo klein is als de weerstand van draad 2.
- c De weerstand van draad 2 is groter en de lengte is kleiner. Met  $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$  zie je dat de soortelijke weerstand dan groter is.
- d De weerstand van draad 2 is twee keer zo groot en de lengte is twee keer zo klein, dus is de soortelijke weerstand vier keer zo groot.

## Opgave 57

Om de weerstand uit te kunnen rekenen moet je de stroomsterkte door het lampje én de spanning over het lampje meten. De stroom moet door de ampèremeter lopen, dus de ampèremeter moet in de stroomkring opgenomen zijn. De spanning moet over het lampje gemeten worden, dus parallel aan het lampje geschakeld zijn. Dit is dus schakeling D.

## Opgave 58

- a **C**, want de gloeidraad was eerst niet heet en nu wel, waardoor de weerstand (iets) groter is geworden.
- b **A**, als de weerstand niet verandert en de spanning twee keer zo groot wordt, wordt de stroomsterkte ook twee keer zo groot en het vermogen dus vier keer zo groot. De weerstand wordt wel iets groter en de stroomsterkte dus iets minder dan twee keer zo groot en dus wordt het vermogen meer dan twee keer zo groot.

## Opgave 59

- a  $l = 0,80 \text{ m}$ ,  $A = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$  en  $R = 9,1 \cdot 10^{-3} \Omega$
- b  $\rho = \frac{R \cdot A}{l} = \frac{9,1 \cdot 10^{-3} \times 1,5 \cdot 10^{-6}}{0,80} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
- c Vergelijk met de tabel in figuur 31: het is koper.

## Opgave 60

- a  $P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1200}{230} = 5,22 \text{ A}$
- b  $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{230}{5,22} = 44,1 \text{ } \Omega$
- c De soortelijke weerstand  $\rho$  van roestvrijstaal is  $0,72 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ .
- $$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \rightarrow A = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,72 \cdot 10^{-6} \times 0,124}{44,1} = 2,03 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$
- $$A = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,03 \cdot 10^{-9}}{\pi}} = 2,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$
- $$d = 2 \cdot r = 2 \times 2,54 \cdot 10^{-5} = 5,08 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0,051 \text{ mm}$$

## Opgave 61

- a –
- b weerstand  $R$  in ohm ( $\Omega$ ) en soortelijke weerstand  $\rho$  in ohm  $\cdot$  meter ( $\Omega \cdot \text{m}$ )
- c  $U = I \cdot R$  en  $\rho = \frac{R \cdot A}{l}$ .

## 1.5 SCHAKELINGEN IN HUIS

### Opgave 62

- a Niet waar: Als je thuis meer lampen aan zet, blijft de stroom door elke lamp gelijk.
- b Waar
- c Niet waar: Elke groep in huis heeft een eigen zekering.
- d Niet waar: Bij een parallelschakeling wordt de *stroom* verdeeld over alle apparaten, bij een serieschakeling wordt de *spanning* verdeeld over alle apparaten.
- e Waar
- f Waar
- g Niet waar: Een aardlekschakelaar beveiligd tegen stroom door je lichaam, een zekering niet.
- h Niet waar: Een zekering beveiligd tegen brand in huis.

### Opgave 63

Bewering **A** is waar.

### Opgave 64

- a De lampjes branden *even fel* als eerst, want over elk lampje staat dezelfde bronspanning.
- b Door de spanningsbron loopt nu een grotere stroom.
- c De weerstand van de schakeling is kleiner geworden, want er loopt een grotere stroom terwijl de spanning gelijk is gebleven ( $U = I \cdot R$ ).
- d Het vermogen van de schakeling is groter geworden, want er loopt een grotere stroom en de spanning is gelijk gebleven ( $P = U \cdot I$ ).
- e Er is sprake van stroomdeling bij deze schakeling.

### Opgave 65

- a De spanning wordt nu verdeeld over drie lampjes in plaats van twee. De spanning over elk lampje wordt dus kleiner en daardoor ook de stroom door elk lampje. De lampjes branden daardoor *minder fel*.
- b Om drie lampjes even fel te laten branden als één lampje, moet de spanning van de bron bij drie lampjes in serie groter zijn dan bij één lampje, want er is bij een grotere weerstand van de kring meer spanning nodig om dezelfde stroom door de drie lampjes te laten gaan.
- c De spanning moet *1,5 x zo groot* worden bij drie lampjes in serie, want de weerstand van de serieschakeling wordt  $1,5 \times$  zo groot ( $U = I \cdot R$ ).

- d Als de lampjes alle drie normaal branden, is de stroomsterkte door de kring **even groot** als bij twee lampjes die normaal branden.
- e Het vermogen is groter geworden, want de spanning is groter en de stroom is gelijk gebleven ( $P = U \cdot I$ ).
- f Er is sprake van spanningsdeling bij deze schakeling.

## Opgave 66

- a Als de lampjes in serie zijn geschakeld en er is één lampje stuk, brandt het andere lampje ook niet meer.
- b Nee, de stroom door de koplamp is waarschijnlijk het grootst, want deze brandt het felst.
- c Nee, het achterlicht heeft de grootste weerstand, want daar gaat de kleinste stroom door.
- d De stroom loopt via het metalen frame terug naar de dynamo.

## Opgave 67

- a De schakeling van Jaap (figuur 45) is minder goed. Als de schakelaar gesloten wordt, krijg je een kortsluitstroom door de schakelaar heen. De weerstand is daar dan zo laag dat er geen stroom meer door het lampje gaat. Er loopt dan dus wel een grote stroom maar niet door het lampje.
- b Door de kortsluitstroom zal de batterij heel snel leeg zijn. Bovendien wordt de batterij heet.

## Opgave 68

- a De zekering beveiligd tegen brand die kan ontstaan als de stroomsterkte door de aansluitdraden van de groep te groot wordt.
- b De aardlekschakelaar beveiligd tegen stroom door je lichaam. Als er stroom 'lekt' via jouw lichaam naar de aarde in plaats van terug naar de meterkast, schakelt de aardlekschakelaar de spanning uit.
- c De aardlekschakelaar vergelijkt de grootte van de stroom die het huis ingaat met de grootte van de stroom die terugkomt. Als het verschil tussen de ingaande en terugkomende stroom groter is dan 30 mA, schakelt de aardlekschakelaar de spanning uit.

## Opgave 69

Rondom de koffiekop op de warmhoudplaat van een koffiezetapparaat kan nog wel eens wat water staan. Als daar wat water naar binnen lekt, kan een stroomdraad in het koffiezetapparaat via vocht contact maken met de randaarding, daardoor lekt er stroom weg naar de aarde. Hierop reageert de aardlekschakelaar door de spanning uit te zetten.

## Opgave 70

- a Elk apparaat is gemaakt voor een spanning van 230 V. In een parallelschakeling krijgt elk apparaat dezelfde spanning en heeft het een eigen stroomkring.
- b Bij een serieschakeling van lampjes wordt de spanning verdeeld over de lampjes. Om bijvoorbeeld drie lampjes in serie elk op 6 V te laten branden, moet de spanningsbron 18 V leveren. De stroom blijft door elk lampje hetzelfde.
- c De aardlekschakelaar beschermt tegen stroom door je lichaam en zekeringen tegen brand.

## Opgave 71

- a De soortelijke weerstand van koper is  $17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$  en  $\rho = \frac{R \cdot A}{l} \rightarrow R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \times 10}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,068 \Omega$
- b Voor de twee draden geldt:  $R_{\text{tot}} = 2 \times 0,068 = 0,136 \Omega \rightarrow I = \frac{U}{R_{\text{tot}}} = \frac{230}{0,136} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ A} = 1,7 \text{ kA}$

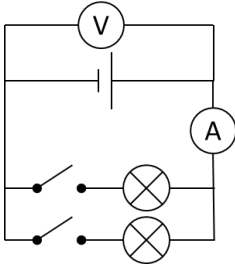
## Opgave 72

- a In een parallelschakeling is de spanning over alle lampen gelijk. De spanning over de andere lamp is ook 6 V.
- b Als de weerstand twee keer zo groot is en de spanning gelijk, dan zal de stroomsterkte twee keer zo klein zijn. De stroomsterkte door de andere lamp is dus 1 A.

### Opgave 73

- a In een serieschakeling is de stroomsterkte door alle lampen gelijk. De stroomsterkte door de andere lamp is ook 1 A.
- b Als de weerstand twee keer zo groot is en de stroomsterkte gelijk, dan is de spanning ook twee keer zo groot. De spanning over de andere lamp is dus 8 V.
- c In een serieschakeling tel je de spanningen bij elkaar op. De spanning van de spanningsbron is dus  $4 + 8 = 12$  V.

### Opgave 74

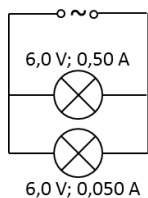


### Opgave 75

- a Lampjes 1 en 2 branden.
- b Er loopt nu ook stroom door lampje 3, dus de stroom door lampje 1 wordt groter.
- c De spanning over lampje 1 wordt groter doordat er meer stroom doorheen loopt. Dan blijft er minder spanning over voor lampje 2 (en 3).

### Opgave 76

- a Het is een parallelschakeling, want over beide lampjes staat dezelfde spanning terwijl de stroomsterkte verschilt.



- b  $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 = 0,50 + 0,050 = 0,55$  A
- c  $R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{6,0}{0,50} = 12 \Omega$  en  $R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{6,0}{0,050} = 120 = 1,2 \cdot 10^2 \Omega$
- d  $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{120} = 0,0917 \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,0917} = 11 \Omega$  (of:  $R_{\text{tot}} = \frac{U_{\text{tot}}}{I_{\text{tot}}} = \frac{6,0}{0,55} = 11 \Omega$ )

### Opgave 77

- a  $R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{6,0}{0,50} = 12 \Omega$  en  $R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{6,0}{0,050} = 120 = 1,2 \cdot 10^2 \Omega$
- b De spanning wordt verdeeld, dus elk lampje krijgt minder dan 6,0 V.
- c  $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 = 12 + 120 = 132 = 1,3 \cdot 10^2 \Omega$
- d  $I = \frac{U}{R_{\text{tot}}} = \frac{6,0}{132} = 0,045$  A
- e Het achterlicht brandt op 90% van de normale stroom (0,050 A), dat is niet voluit. De stroomsterkte door het voorlicht is slechts 9% van de normale stroom (0,50 A), dat is niet zichtbaar.
- f Het achterlicht gaat steeds feller branden, totdat het kapot gaat.

### Opgave 78

- a In deze serieschakeling wordt de netspanning verdeeld over de 50 lampjes:  $U_{\text{lampje}} = \frac{230}{50} = 4,6$  V.
- b  $R_{\text{lampje}} = \frac{U_{\text{lampje}}}{I_{\text{lampje}}} = \frac{4,6}{0,20} = 23 \Omega$
- c  $P_{\text{lampje}} = U_{\text{lampje}} \cdot I_{\text{lampje}} = 4,6 \times 0,20 = 0,92$  W

- d  $R_{\text{totaal}} = \frac{U_{\text{totaal}}}{I} = \frac{230}{0,20} = 1150 = 1,2 \cdot 10^3 \Omega$  (of:  $R_{\text{totaal}} = 50 \cdot R_{\text{lampje}} = 50 \times 23 = 1,2 \cdot 10^3 \Omega$ )  
 e  $P_{\text{totaal}} = U_{\text{totaal}} \cdot I = 230 \times 0,20 = 46 \text{ W}$  (of:  $P_{\text{totaal}} = 50 \cdot P_{\text{lampje}} = 50 \times 0,92 = 46 \text{ W}$ )

### Opgave 79

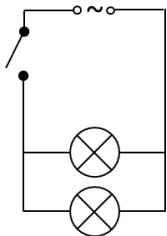
$$P_{\text{tot}} = 7,5 + 6,8 + 3,3 + 2,9 = 20,5 \text{ W} \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{20,5}{230} = 0,0891 \text{ A} \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{230}{0,0891} = 2,58 \cdot 10^3 \Omega$$

### Opgave 80

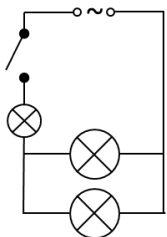
- a De gloeilampen moet je parallel aansluiten op het stopcontact want die hebben allemaal netspanning nodig.  
 b  $\frac{16}{0,30} = 53,3$  dus maximaal 53 lampjes parallel.  
 c De ledlampen moet je in serie aansluiten, want die delen de netspanning van 230 V.  
 d  $\frac{230}{12} = 19,2$  dus 19 of 20 lampjes in serie (bij 20 lampjes blijft de stroomsterkte onder de 0,50 A, bij 19 lampjes komt de stroomsterkte iets boven de 0,50 A).  
 e Gloeilampen:  $I_{\text{tot}} = 53 \times 0,30 = 15,9 \text{ A} \rightarrow P = U \cdot I = 230 \times 15,9 = 3657 \text{ W} = 3,7 \text{ kW}$   
 Ledlampen:  $P = U \cdot I = 230 \times 0,50 = 115 \text{ W} = 0,12 \text{ kW}$   
 De schakeling met de gloeilampen heeft dus het grootste vermogen.  
 f De schakeling met de gloeilampen levert waarschijnlijk ook de grootste lichtsterkte. Het rendement van ledlampen is ongeveer 10 x zo groot als van gloeilampen, maar het vermogen van de gloeilampen in deze schakeling is ruim 30 x zo groot.

### Opgave 81

a



b



- c Het lampje komt in serie te staan met de spaarlampen. De 230 V netspanning moet dus gedeeld worden met de spaarlampen. Dan is een verklikkerlampje voor 230 V geen goede keuze, je moet juist een lage spanning hebben zodat er voldoende spanning over is voor de spaarlampen. De stroomsterkte door de spaarlampen samen is 0,10 A = 100 mA. Die stroom moet ook door het verklikkerlampje gaan. De juiste keuze is dus **2**: 2,0 V; 100 mA.

### Opgave 82

- a Je kunt  $R_1$  en  $R_2$  vervangen door één weerstand:  $R_{1+2} = 20 + 30 = 50 \Omega$   
 b  $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = 0,040$ . Dan is  $R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,040} = 25 \Omega$   
 c  $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow I_{\text{bron}} = \frac{U_{\text{bron}}}{R_{\text{tot}}} = \frac{12}{25} = 0,48 \text{ A}$   
 d  $R_{1+2}$  is even groot als  $R_3$ . Dan wordt de stroom gelijk verdeeld.  
 e  $I_1 = I_2 = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{bron}} = \frac{1}{2} \times 0,48 = 0,24 \text{ A} \rightarrow U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,24 \times 20 = 4,8 \text{ V}$  en  $U_2 = I_2 \cdot R_2 = 0,24 \times 30 = 7,2 \text{ V}$

## Opgave 83

- a  $U_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,20 \times 45 = 9,0 \text{ V}$   
 b  $U_2 = I_2 \cdot R_2$  en  $U_2 = U_1 = 9,0 \text{ V} \rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{9,0}{90} = 0,10 \text{ A}$   
 c  $I_3 = I_1 + I_2 = 0,20 + 0,10 = 0,30 \text{ A}$   
 d  $U_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,30 \times 50 = 15 \text{ V}$ . En  $U_{\text{bron}} = U_{1+2} + U_3 = 9,0 + 15 = 24 \text{ V}$

## 1.6 VERDIEPING

### Opgave 84

- a De Nissan Leaf wordt opgeladen met elektrische energie die vaak nog door een conventionele elektriciteitscentrale wordt geleverd. De CO<sub>2</sub>-uitstoot vindt nu dus niet bij de auto plaats, maar mogelijk nog wel bij de elektriciteitscentrale.  
 b  $t = \frac{E}{P} = \frac{24 \text{ kWh}}{3,0 \text{ kW}} = 8,0 \text{ h}$   
 c De energie van de accu's is  $24 \times 3,6 \cdot 10^6 = 8,64 \cdot 10^7 \text{ J}$  en de massa is 294 kg. De energiedichtheid van de accu's is dus  $\frac{8,64 \cdot 10^7}{294} = 2,94 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ .  
 Een gewone autoaccu heeft een energiedichtheid van  $0,11 \text{ MJ/kg} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$  (zie paragraaf 1.2).  
 De energiedichtheid van lithium-ion-accu's is dus  $\frac{2,94}{1,1} = 2,7 \times$  zo groot.  
 d De auto's van honderd jaar geleden reden veel minder hard, waardoor er minder energie per km nodig was.

### Opgave 85

- a Oriëntatie:  
 $P_p = U_p \cdot I_p$  en  $P_s = U_s \cdot I_s$  en bij een ideale transformator geldt:  $P_p = P_s$ .  
 Verder geldt:  $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$   
Uitwerking:  
 $P_p = P_s$ , daaruit volgt:  $U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$ . Dat geeft:  $I_p = \frac{U_s}{U_p} \cdot I_s = \frac{N_s}{N_p} \cdot I_s$   
 b  $I_p = \frac{N_s}{N_p} \cdot I_s$  met  $I_s = 0$  dus  $I_p = 0$   
 c Als het rendement niet 100% is, zal  $P_p > P_s$ . Als  $I_s = 0$  is ook  $P_s = 0$ , maar  $P_p$  is nu  $> 0$ , dus  $I_p > 0$ .

### Opgave 86

- a Oriëntatie:  
 $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$ ,  $N_p = 690$ ,  $U_p = 230 \text{ V}$ ,  $U_{s,\text{min}} = 6,0 \text{ V}$  en  $U_{s,\text{max}} = 300 \text{ V}$   
Uitwerking:  
 $N_s = \frac{U_s}{U_p} \cdot N_p \rightarrow N_{s,\text{min}} = \frac{6,0}{230} \times 690 = 18$  en  $N_{s,\text{max}} = \frac{300}{230} \times 690 = 900$   
 b  $P = U \cdot I$  met  $U_s = 110 \text{ V}$  en  $P_s = 40 \text{ W} \rightarrow I_s = \frac{40}{110} = 0,364 \text{ A}$   
 c Oriëntatie:  
 $P = U \cdot I$  met  $U_s = 110 \text{ V}$  en  $I_s = 0,364 \text{ A}$   
 Bij een ideale transformator geldt:  $P_p = P_s$  met  $U_p = 230 \text{ V}$ .  
Uitwerking:  
 $P_p = P_s = 40 \text{ W} \rightarrow I_p = \frac{P_p}{U_p} = \frac{40}{230} = 0,17 \text{ A}$   
 d Bij kortsluiten van de secundaire kring is vanwege de zeer kleine weerstand van de secundaire spoel de stroomsterkte  $I_s$  in de secundaire kring zeer groot en daarmee ook het secundair vermogen  $P_s$ . Vanwege het niet-ideaal zijn van de variac is het primair vermogen  $P_p$  nog iets groter dan het secundair vermogen, omdat er energieverlies optreedt. Bij de primaire spanning van 230 V zal er dus een grote primaire stroom zijn met een grote kans op doorbranden van de zekering.

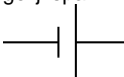

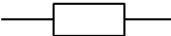



- e  $U_p = 230 \text{ V}$  en  $I_p$  mag maximaal  $6 \text{ A}$  zijn. Dan is  $P_{p,\max} = U_p \cdot I_p = 230 \times 6 = 1,4 \cdot 10^3 = 1,4 \text{ kW}$ . Omdat  $P_s$  iets kleiner is dan  $P_p$ , zal de maximale waarde van  $P_{s,\max}$  ( $= 1,5 \text{ kW}$ ) zeker niet overschreden worden. De zekering van  $6 \text{ A}$  is dus een goede keuze.  
(Bij een zekering van  $7 \text{ A}$  is  $P_{p,\max} = U_p \cdot I_p = 230 \times 7 = 1,6 \cdot 10^3 = 1,6 \text{ kW}$ . Ook al is  $P_{s,\max}$  iets kleiner dan  $P_{p,\max}$ , toch zou dan de maximale waarde van  $1,5 \text{ kW}$  waarschijnlijk zijn overschreden.)

## 1.7 AFSLUITING

### Opgave 87

De hoeveelheid elektrische energie die een apparaat gebruikt hangt af van het vermogen van het apparaat en de tijd die het aanstaat. Het vermogen geeft aan hoeveel elektrische energie het apparaat in een bepaalde tijd omzet. Voor de hoeveelheid omgezette elektrische energie  $E$  geldt de formule  $E = P \cdot t$  waarbij  $P$  het elektrisch vermogen is en  $t$  de tijd. Elektrische apparaten in huis worden aangesloten op de netspanning, die is voor alle apparaten hetzelfde. De stroomsterkte verschilt; door een apparaat met een ander vermogen loopt een andere stroomsterkte. Het vermogen  $P$  van het apparaat is te berekenen met  $P = U \cdot I$  waarbij  $U$  de spanning is en  $I$  de stroomsterkte. De stroomsterkte door een apparaat wordt bepaald door de weerstand van dat apparaat. De spanning  $U$ , de stroomsterkte  $I$  en de weerstand  $R$  hangen samen volgens  $U = I \cdot R$ .

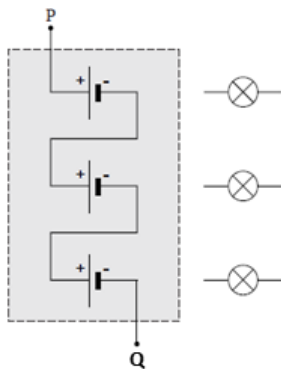
### Opgave 88

- a Het elektrisch vermogen  $P$  van een apparaat is de hoeveelheid elektrische energie  $E$  die het apparaat per seconde omzet.
- b  $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
- c Het rendement geeft aan welk percentage van de ingaande energie wordt omgezet in nuttige uitgaande energie:  
 $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \times 100\%$  of  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$ .
- d Bij opwekking van elektriciteit wordt een turbine aan het draaien gebracht door hete stoom, hete gassen, windkracht of waterkracht. In de generator wordt de bewegingsenergie via de as van de turbine omgezet in elektrische energie.
- e De energiedichtheid van een accu wordt uitgedrukt in  $\text{J/kg}$ .
- f De capaciteit van een accu wordt uitgedrukt in  $\text{A} \cdot \text{h}$  of  $\text{mA} \cdot \text{h}$ .
- g Als er stroom loopt in een stroomdraad, bewegen de vrije elektronen van het metaal gemiddeld dezelfde kant op.
- h Als de spanning en de stroomsterkte beide twee keer zo groot worden, wordt het vermogen vier keer zo groot.
- i Als, bij gelijkblijvende spanning, de weerstand twee keer zo groot wordt, wordt de stroomsterkte twee keer zo klein en zal het vermogen twee keer zo klein worden.
- j De stroomsterkte is de hoeveelheid lading in coulomb (C) die per seconde (s) door een elektrisch apparaat of stroomdraad gaat. De eenheid van stroomsterkte is ampère (A) en  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ .
- k Met een transformator kun je een wisselspanning groter of kleiner maken.
- l
- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| gelijkspanningsbron   | lamp  | weerstand   | diode   | stroommeter   | spanningsmeter  |
|  |  |  |  |  |  |
- m Een stroommeter moet in serie met het te meten apparaat, een spanningsmeter moet parallel aan het te meten apparaat van de schakeling.
- n Bij een ohmse weerstand is de stroomsterkte door de weerstand evenredig met de spanning over de weerstand.
- o Bij een PTC neemt de weerstand toe als de temperatuur stijgt, bij een NTC neemt de weerstand af als de temperatuur stijgt.
- p Als er meer licht op een LDR valt, neemt de weerstand van de LDR af.
- q Als de weerstand toeneemt (en de spanning gelijk blijft), wordt de stroomsterkte kleiner.
- r Als de weerstand toeneemt (en de spanning gelijk blijft), wordt het vermogen kleiner.
- s De weerstand  $R$  van een stroomdraad wordt bepaald door de soortelijke weerstand  $\rho$  van het materiaal van de draad, de lengte  $l$  van de draad en de oppervlakte  $A$  van de doorsnede van de draad.

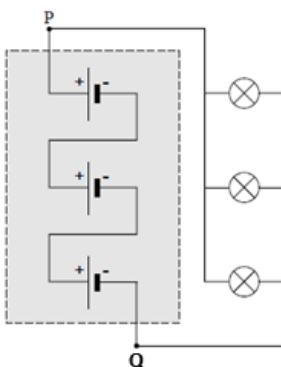
- t De eenheid van weerstand is ohm ( $\Omega$ ) en de eenheid van soortelijke weerstand is ohm  $\cdot$  meter ( $\Omega \cdot m$ ).
- u Bij een parallelschakeling heeft elk apparaat een eigen stroomkring.
- v Bij een serieschakeling mag je de weerstanden optellen.
- w Bij een parallelschakeling mag je de stroomsterktes optellen.
- x Bij een serieschakeling mag je de spanningen optellen.
- y Bij een serieschakeling is sprake van spanningsdeling.
- z Bij een parallelschakeling is sprake van stroomdeling.
- aa De aardlekschakelaar beschermt tegen stroom door je lichaam en zekeringen beschermen tegen brand.
- bb Kortsluiting ontstaat als twee elektriciteitsdraden elkaar raken. De stroom gaat dan niet door het apparaat maar erlangs, waardoor er maar heel weinig weerstand is in de kortgesloten kring en de stroomsterkte zeer groot wordt.
- cc Duurzame energiebronnen zijn: windkracht, waterkracht en zonne-energie.  
Niet-duurzame energiebronnen zijn: steenkool, olie, gas en kernenergie.
- dd Bij elektrolyse wordt met behulp van elektrische energie water gescheiden in waterstof en zuurstof. Daarbij is waterstof de energiedrager. In een brandstofcel reageert waterstof met zuurstof (uit de lucht) tot water. Bij die reactie ontstaat elektriciteit.

## Opgave 89

a



b



c Oriëntatie:

Bereken het geleverde vermogen met  $P = U \cdot I$ .

De tijd is te berekenen uit het vermogen en de energie met  $E = P \cdot t$ .

Uitwerking:

$$P = U \cdot I = 4,5 \times 0,028 = 0,126 \text{ W}$$

$$t = \frac{E}{P} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,126} = 3,97 \cdot 10^5 \text{ s} = \frac{3,97 \cdot 10^5}{3600} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ uur}$$

d De stroom door het kapotte lampje valt weg en de stroom door de andere lampjes verandert niet, dus wordt de stroom door de spanningsbron kleiner.



## Opgave 90

- a Die spanning is te laag voor de diode. Dan zijn er nog geen vrije elektronen en loopt er dus geen stroom.
- b Als de spanning over de led nog maar 1,00 V is, laat de led nog geen stroom door. Door de weerstand loopt dus ook nog geen stroom. Er staat geen spanning over de weerstand, doordat er nog geen stroom door loopt. De spanning over de bron is dus  $0 + 1,00 \text{ V} = 1,00 \text{ V}$ .
- c Bereken steeds  $\frac{U_{\text{led}}}{I} \rightarrow$  deze waarde wordt steeds kleiner dus de weerstand van de led neemt af.

$U_{\text{bron}} \text{ (V)}$	$U_{\text{led}} \text{ (V)}$	$I \text{ (mA)}$	$\frac{U_{\text{led}}}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$
0,00	0,00	0,0	-
1,00	1,00	0,0	-
2,00	1,88	3,9	482
3,00	2,17	27,1	80,1
4,00	2,40	52,3	45,9

## d Oriëntatie:

Vanaf meting 3 is de spanning over de weerstand te berekenen met  $U_R = U_{\text{bron}} - U_{\text{led}}$ .  
Vervolgens is de weerstand te berekenen met  $R = \frac{U_R}{I}$ .

### Uitwerking:

Bijvoorbeeld de laatste meting:  $U_R = 4,00 - 2,40 = 1,60 \text{ V} \rightarrow R = \frac{1,60}{52,3 \cdot 10^{-3}} = 30,6 \Omega$ .

De weerstand die is gebruikt is die van  $30 \Omega$ .

## Opgave 91

- a Het gemiddelde vermogen dat één huishouden gebruikt is  $\frac{3500 \text{ kWh}}{365 \times 24 \text{ h}} = 0,400 \text{ kW} = 400 \text{ W}$ .  
820 MW is dus voldoende voor  $\frac{820 \cdot 10^6}{400} = 2,05 \cdot 10^6$  huishoudens.
- b  $E_{\text{nut}} = \eta \cdot E_{\text{in}} = 0,61 \times 33 = 20 \text{ MJ}$
- c Op maximaal vermogen levert de centrale 820 MJ/s, daarvoor wordt  $\frac{820}{20} = 41 \text{ m}^3$  aardgas per seconde verstoekt.

## Opgave 92

- a  $R_1$  en  $R_2$  zijn parallel geschakeld:  $\frac{1}{R_{1+2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = 0,0833 \rightarrow R_{1+2} = \frac{1}{0,0833} = 12 \Omega$ .  
 $R_{1+2}$  is in serie geschakeld met  $R_3$ :  $R_{\text{tot}} = R_{1+2} + R_3 = 12 + 50 = 62 \Omega$
- b  $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow I_{\text{bron}} = \frac{U_{\text{bron}}}{R_{\text{tot}}} = \frac{9,0}{62} = 0,1452 = 0,15 \text{ A}$
- c  $R_1$  en  $R_2$  zijn parallel geschakeld, dus  $U$  is gelijk. De weerstand van  $R_1$  is kleiner dan  $R_2$ , dus de stroomsterkte door  $R_1$  is groter dan door  $R_2$ . De stroomsterkte door  $R_3$  is de som van de twee stroomsterktes (door  $R_1$  en  $R_2$ ), en daardoor groter dan de stroomsterkte door  $R_1$ .
- d  $I_3 = I_{\text{bron}} = 0,1452 \text{ A} \rightarrow U_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,1452 \times 50 = 7,26 = 7,3 \text{ V}$
- e De spanning over  $R_2$  is  $U_2 = U_{\text{bron}} - U_3 = 9,0 - 7,26 = 1,74 \text{ V}$ . Dan is  $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{1,74}{30} = 0,058 \text{ A}$

## Opgave 93

- a Als er één lampje stuk gaat, wordt de totale weerstand in de serieschakeling kleiner, dus wordt de stroomsterkte groter en gaan de lampjes feller branden.
- b De spanning over één lampje wordt  $\frac{50}{49}$  x zo groot, dus wordt de stroomsterkte ook  $\frac{50}{49}$  x keer zo groot:  
 $I_{\text{lampje}} = \frac{50}{49} \times 200 = 204 \text{ mA}$
- c Een stroomsterkte van 250 mA is  $1,25$  x zo groot, dan zijn er  $1,25$  x zo weinig lampjes:  
 $\frac{50}{1,25} = 40$  lampjes. Er zijn dan 10 lampjes stuk gegaan.
- d De stroomsterkte wordt steeds groter, waardoor de lampjes steeds feller branden en eerder stuk gaan.

## Opgave 94

a  $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$  en  $\rho = \frac{R_{\text{draad}} \cdot A}{l} \rightarrow R_{\text{draad}} = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \times 1000}{3,1 \cdot 10^{-4}} = 0,055 \Omega = 55 \text{ m}\Omega$

b Oriëntatie:

Bereken eerst de weerstand van de koperen bovenleiding van 2,6 km tussen A en P.

Bereken de spanning over deze draad met  $U_{\text{draad}} = I \cdot R_{\text{draad}}$ .

Uitwerking:

$$R_{\text{draad}} = 2,6 \times 55 \cdot 10^{-3} = 0,143 \Omega \rightarrow U_{\text{draad}} = I \cdot R_{\text{draad}} = 300 \times 0,143 = 43 \text{ V}$$

c Oriëntatie:

De spanning wordt verdeeld over de bovenleiding tussen A en P, de motor en de rails tussen A en P.

Bereken de spanning over de rails met  $U_{\text{rails}} = I \cdot R_{\text{rails}}$ . Bereken vervolgens de resterende spanning over de motor en ten slotte het vermogen met  $P_{\text{motor}} = U_{\text{motor}} \cdot I$ .

Uitwerking:

De rails hebben tussen A en P een weerstand van  $0,044 \Omega$ , dus  $U_{\text{rails}} = 300 \times 0,044 = 13 \text{ V}$ .

De spanning over de treinmotor is  $U_{\text{motor}} = 1500 - 43 - 13 = 1444 \text{ V}$ .

Het vermogen is dan  $P_{\text{motor}} = U_{\text{motor}} \cdot I = 1444 \times 300 = 4,332 \cdot 10^5 \text{ W} = 433 \text{ kW}$ .

d  $P_{\text{geleverd}} = U \cdot I = 1500 \times 300 = 4,50 \cdot 10^5 \text{ W} = 450 \text{ kW}$  dus er gaat  $450 - 433,2 = 16,8 \text{ kW}$  verloren.

Dat is  $\frac{16,8}{450} \times 100\% = 3,7\%$ .

e Het deel van A via B naar P is parallel geschakeld met het rechte stuk tussen A en P. Dan is de totale weerstand van het stuk tussen A en P kleiner.

f De weerstand van de complete bovenleiding is kleiner en met  $U = I \cdot R$  (bij gelijke  $I$ ) is dan te zien dat de spanning over de twee parallelle draden nu kleiner is. Omdat de stroomsterkte gelijk blijft is met  $P = U \cdot I$  te zien dat het vermogensverlies over de twee parallelle draden dus kleiner is.