

## 6.1 Spanning en geladen deeltjes

### Opgave 1

- Elektronen.
- Hoe de blaadjes hun lading hebben gekregen leg je uit met de krachten tussen geladen deeltjes.

De staaf is positief geladen. Dat betekent dat de staaf negatieve elektronen aantrekt. Hierdoor schuift een aantal elektronen naar de knop van de elektroscop.

De blaadjes hebben daardoor minder elektronen en krijgen een lading.

- Of de blaadjes positief of negatief geladen zijn, leg je uit met de lading en de richting waarin de geladen deeltjes zich hebben verplaatst.

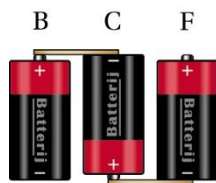
De blaadjes hebben nu minder negatieve elektronen dan positief geladen deeltjes en zijn daardoor positief geladen.

### Opgave 2

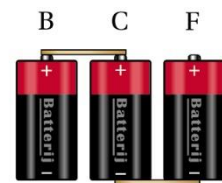
Bij het bepalen van de spanning kijk je naar de volgende drie situaties:

- Is de + kant van de ene batterij verbonden met de - kant van de andere batterij, dan tel je de spanningen bij elkaar op. Zie bijvoorbeeld figuur 6.13a voor  $U_{AD}$ .
- Is de + kant van de ene batterij verbonden met de + kant van de andere batterij, dan trek je de spanningen van elkaar af. Zie bijvoorbeeld figuur 6.13b voor  $U_{AD}$ .
- Zijn zowel de + kanten als de - kanten van de batterijen met elkaar verbonden, dan blijven de spanningen gelijk. Zie bijvoorbeeld figuur 6.13d voor  $U_{AD}$ .  
In figuren 6.13b en 6.13c pas je zowel regel 1 als regel 2 toe.

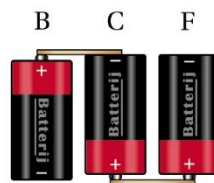
Zie tabel 6.1.



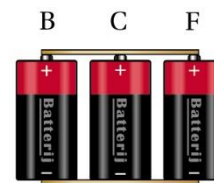
figuur 6.13a



figuur 6.13b



figuur 6.13c



figuur 6.13d

	$U_{AB}$ (V)	$U_{AC}$ (V)	$U_{AD}$ (V)	$U_{AE}$ (V)	$U_{AF}$ (V)
figuur 6.13a	1,5	1,5	3,0	3,0	4,5
figuur 6.13b	1,5	1,5	0,0	0,0	1,5
figuur 6.13c	1,5	1,5	3,0	3,0	1,5
figuur 6.13d	1,5	1,5	0,0	0,0	1,5

Tabel 6.1

### Opgave 3

Bij de omrekening maak je gebruik van de machten van tien.  
Zie BINAS tabel 2.

- $2,3 \text{ mV} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ V}$
- $5,8 \text{ MV} = 5,8 \cdot 10^6 \text{ V}$
- $1,2 \text{ } \mu\text{V} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ V}$
- $4,5 \text{ V} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ mV}$

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 4**

- a Hoe de losse cellen een spanning van 12 V kunnen leveren leg je uit met behulp van de spanning van één lood-zuurbatterij en de kenmerk van spanning bij een serie- of parallelschakeling.

Eén lood-zuurbatterij levert een spanning van 2,0 V. Zie tabel 6.1.

Er zijn 6 cellen in serie nodig, die steeds + op – aan elkaar geschakeld zijn.

- b De totale massa bereken je met de energiedichtheid in tabel 6.1 en de hoeveelheid energie die de accu levert.

Volgens tabel 6.1 levert een lood-zuurbatterij  $140 \text{ kJ} = 140 \cdot 10^3 \text{ J}$  per kg aan energie.  
 $2,9 \text{ MJ} = 2,9 \cdot 10^6 \text{ J}$

De massa aan loodcellen is dus  $\frac{2,9 \cdot 10^6}{140 \cdot 10^3} = 20,7 \text{ kg}$

Afgerond: 21 kg.

**Opgave 5**

- a Om aan te tonen dat in 40 L benzine 1,3 GJ aan energie zit, maak je gebruik van de energiedichtheid van tabel 6.2 en de hoeveelheid benzine.

Volgens tabel 6.2 levert de verbranding van benzine  $33 \cdot 10^3 \text{ MJ}$  per  $\text{m}^3$ .

$40 \text{ L} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$40 \text{ L}$  benzine levert  $40 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^3 \text{ MJ} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ MJ} = 1,3 \text{ GJ}$ .

- b De massa van de benzine bereken je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

De dichtheid van benzine is  $0,72 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  (zie BINAS tabel 11)

$40 \text{ L} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$$0,72 \cdot 10^3 = \frac{m}{40 \cdot 10^{-3}}$$

$m = 28,8 \text{ kg}$

Afgerond; 29 kg.

- c De massa aan li-ionbatterijen bereken je met de energiedichtheid.

De hoeveelheid energie die een elektrische auto gebruikt, bereken je met het percentage van de energie die de auto van Gerrit gebruikt.

De elektromotor heeft maar 25% van de 1,3 GJ aan energie nodig voor dezelfde actieradius.

Dit is  $1,3 \text{ GJ} \times 0,25 = 0,325 \text{ GJ} = 0,325 \cdot 10^9 \text{ J}$ .

Volgens tabel 6.1 levert een li-ionbatterij  $460 \text{ kJ} = 460 \cdot 10^3 \text{ J}$  per kg aan energie.

Dus je hebt  $\frac{0,325 \cdot 10^9}{460 \cdot 10^3} = 7,06 \cdot 10^2 \text{ kg}$ .

Afgerond:  $7,1 \cdot 10^2 \text{ kg}$ .

**Opgave 6**

- a Hoe vaak de tl-buis knippert, bereken je met de tijdsduur dat de tl-buis aan is. De tijdsduur dat de tl-buis aan is, bepaal je met figuur 6.14.

De tl-buis is aan als de spanning niet gelijk is aan 0 V.

De tl-buis is gedurende  $10 \text{ ms} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  aan.

In 1 seconde knippert de tl-buis dan  $\frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 100$  keer.

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- b Waarom het maximum groter is dan 230 V leg je uit door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Wat is het verschil tussen gelijkspanning en wisselspanning?
  - Bespreek het branden van een lamp. Ga daarbij in op de grootte van de spanning en op het positief of negatief zijn van de spanning.

Bij gelijkspanning van 230 V is de spanning steeds 230 V. Bij een wisselspanning varieert de spanning tussen 0 V en een maximale waarde.

Het maakt voor een lamp niet uit de spanning positief of negatief is.

Dus om gemiddeld op 230 V uit te komen moet de maximale spanning groter zijn dan 230 V.

- c De maximale spanning tussen het rode en zwarte aansluitpunt bepaal je in figuur 6.15 met het verschil in spanning tussen twee punten op hetzelfde tijdstip.

Het grootste verschil bepaal je bijvoorbeeld bij  $t = 3 \text{ ms}$ .

$$\Delta U_{\max} = 570 \text{ V}$$

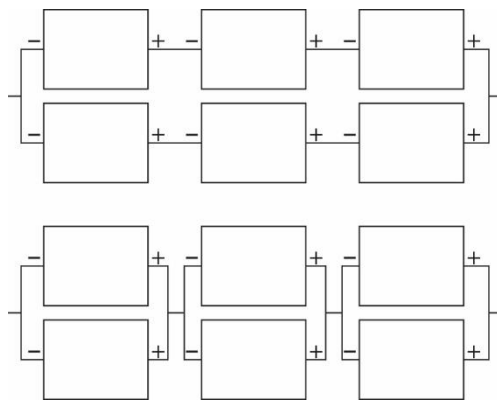
**Opgave 7**

- a In serie, want dan tel je de spanningen bij elkaar op.
- b Om een schakeling met een spanning van 36 V te maken, heb je een serieschakeling nodig. Om een schakeling met een zo groot mogelijke capaciteit te maken heb je een parallelschakeling nodig. De schakeling met zes zonnepanelen is dus een combinatie van een serieschakeling en een parallelschakeling.

Zie figuur 6.1 voor twee mogelijke oplossingen.

Een serieschakeling levert een grotere spanning.

Een parallelschakeling levert een grotere capaciteit.



**Figuur 6.1**

## 6.2 Lading en stroom

### Opgave 8

- 1 energie
- 2 spanningsbron
- 3 spanning
- 4 stroom

### Opgave 9

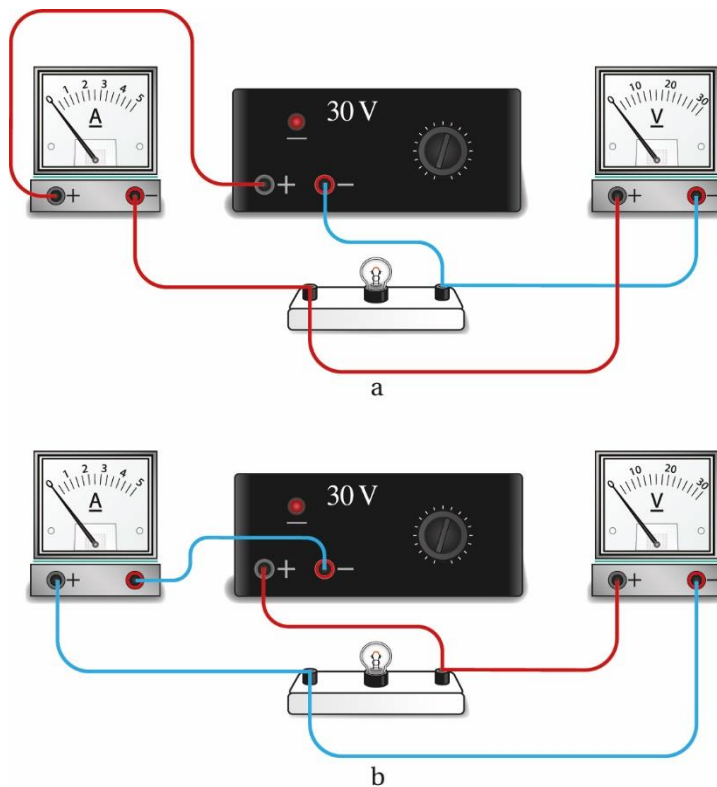
- a De verbindingsdraden teken je door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Welke meter staat in serie met het lampje?
  - Teken eerst een stroomkring met deze meter en het lampje. Let bij het aansluiten op plus en min.
  - Welke meter staat parallel aan het lampje? Let ook nu bij het aansluiten op plus en min.

De + pool van de spanningsbron is (eventueel via de lamp) verbonden met de + pool van een apparaat.

De stroommeter staat in serie met de lamp.

De spanningsmeter staat parallel aan de lamp

Zie figuur 6.2 voor twee mogelijke schakelingen.



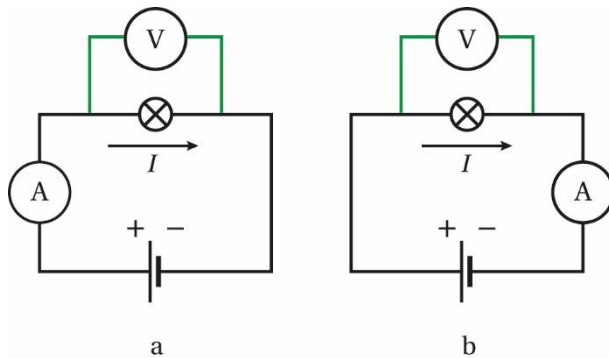
**Figuur 6.2**

- b Een schakelschema teken je met elektrotechnische symbolen. De stroom loopt van de + pool van de batterij via het lampje naar de – pool van de batterij.

Figuur 6.3a is het schakelschema behorende bij figuur 6.2a.

Figuur 6.3b is het schakelschema behorende bij figuur 6.2b.

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen



**Figuur 6.3**

- c Het aantal elektronen per seconde door de dwarsdoorsnede bereken je met de hoeveelheid lading per seconde en de elementaire lading.  
De hoeveelheid lading per seconde volgt uit de stroomsterkte.

De stroomsterkte is 0,5 A. Er beweegt dus per seconde 0,5 C aan lading door de dwarsdoorsnede van de draad.

De lading van 1 elektron is  $1,602 \cdot 10^{-19}$  C.

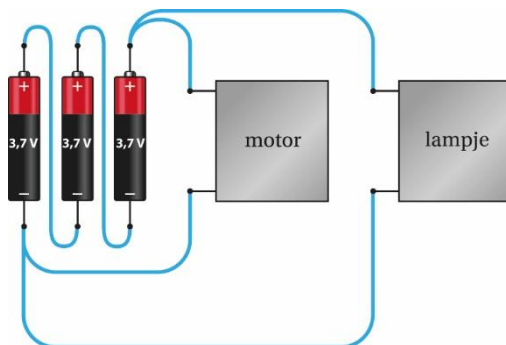
Er bewegen dus per seconde  $\frac{0,5}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 3,12 \cdot 10^{18}$  elektronen door de draad.

Afgerond:  $3,1 \cdot 10^{18}$ .

**Opgave 10**

- a De verbindingsdraden teken je door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Teken eerst de verbindingsdraden tussen de batterijen zodat de spanning over de uiteinden 11,1 V is.
  - Teken daarna de verbindingsdraden zodat zowel de motor als het lampje een spanning van 11,1 V hebben.

Zie figuur 6.4.



**Figuur 6.4**

- b De lading bereken je met de formule voor de stroomsterkte.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = 1,2 \text{ A}$$

$$t = 4 \text{ min } 30 \text{ s} = 4 \times 60 + 30 = 270 \text{ s}$$

$$1,2 = \frac{Q}{270}$$

$$Q = 3,24 \cdot 10^2 \text{ C}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 3,2 \cdot 10^2 \text{ C.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 11**

- a De richting leg je uit met de afspraak voor de richting van de elektrische stroom.

De elektrische stroom loopt, volgens afspraak, van de positieve pool van een spanningsbron naar de negatieve pool. De elektrische stroom loopt dus van P via L naar Q.

- b De richting van de elektronen leg je uit met behulp van de aantrekking en afstoting van geladen deeltjes.

De elektrische stroom wordt veroorzaakt door de losgeraakte elektronen in het metaal. Elektronen zijn negatief geladen. De negatieve pool van de batterij stoot de elektronen af, de positieve trekt ze aan. De elektronen bewegen dus van Q via L naar P.

- c De aanwijzing van een stroommeter leg je uit met de beschrijving van stroomsterkte.

Stroomsterkte is de hoeveelheid lading die per seconde door een dwarsdoorsnede van een draad beweegt. Lading kan zich niet ophopen in een draad. Er bewegen door een dwarsdoorsnede per seconde evenveel elektronen door de dikke draad als door de dunne draad. De wijzeruitslag van  $A_1$  is dus gelijk aan de wijzeruitslag van  $A_2$ .

**Opgave 12**

- a Gebruik in je antwoord de beschrijving van wisselspanning.

Bij wisselspanning gedraagt een aansluitpunt zich de helft van de tijd als pluspool en de andere helft als minpool.

De batterij wordt dan in de helft van de tijd opgeladen, maar in de andere helft ontladen.

- b Of een schakeling geschikt is om de batterij op te laden bepaal je door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Leg uit of de elektronen naar de negatieve pool van de batterij worden gedwongen / aan de positieve pool van de batterij worden onttrokken.
  - Leg vervolgens uit wanneer de diode de elektrische stroom doorlaat.

Bij de manieren b en c wordt de batterij opgeladen.

Bij het opladen worden elektronen naar de negatieve pool van de batterij gedwongen. Dus de elektrische stroom loopt dan van de pluspool van de wisselspanningsbron naar de pluspool van de batterij.

De diode laat de elektrische stroom door in de richting van de pijl in het symbool.

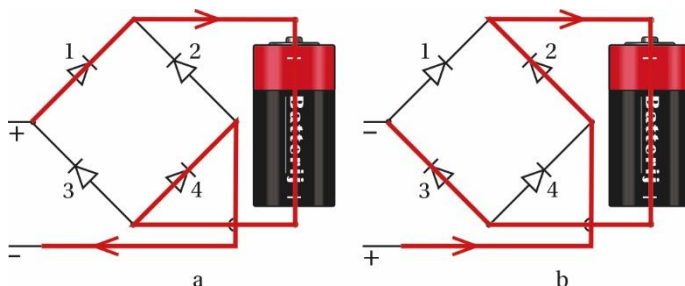
- c Om het opladen van de batterij te beschrijven, ga je in figuur 6.34 na welke stroomkringen mogelijk zijn door de diodes.

Bij het opladen moet in de batterij stroom lopen van **plus** naar **min**.

Daarom gaat de stroom in figuur 6.34a eerst door **diode 1**, dan door de batterij en vervolgens door **diode 4** weer terug naar de spanningsbron.

In figuur 6.34b gaat de stroom eerst door **diode 2** en komt dan via **diode 3** weer terug bij de spanningsbron.

Zie figuur 6.5.



**Figuur 6.5**

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 13**

- a Dat de uitspraak van Larissa onjuist is, leg je uit door in je antwoord onderscheid te maken tussen lading opslaan en lading verplaatsen.

De totale lading van de batterij is nul. De batterij kan wel lading verplaatsen, en wel een lading van 4800 mAh.

- b Het aantal elektronen bereken je met de hoeveelheid lading en de lading van een elektron. De hoeveelheid lading volgt uit de capaciteit.

$$4800 \text{ mAh} = 4800 \cdot 10^{-3} \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 1,728 \cdot 10^4 \text{ C}$$

De lading van 1 elektron is  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

$$\text{Dus het aantal elektronen is } \frac{1,728 \cdot 10^4}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 1,0786 \cdot 10^{23}.$$

Afgerond:  $1,079 \cdot 10^{23}$ .

- c De gemiddelde stroomsterkte bereken je met de formule voor de stroomsterkte. De hoeveelheid lading volgt uit de capaciteit. Stem de eenheid van stroomsterkte en tijd af op de eenheid van capaciteit.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Druk je de lading uit in de eenheid van de capaciteit (mAh) en de tijd in uur, dan is de stroomsterkte in mA.

$$Q = 4800 \text{ mAh}$$

$$t = 7,5 \text{ uur}$$

$$I = \frac{4800}{7,5}$$

$$I = 6,40 \cdot 10^2 \text{ mA}$$

Afgerond: 0,64 A.

### 6.3 Weerstand

#### Opgave 14

De onbekende grootte bereken je met de wet van Ohm.

Zie tabel 6.2.

De onbekende grootte bereken je met  $U = I \cdot R$ .

Stroomsterkte	Weerstand	Spanning
800 mA	<b>288 <math>\Omega</math> = 0,288 k<math>\Omega</math></b>	230 V
<b>4,0 mA = 0,0040 A</b>	7,5 k $\Omega$	30 V
3,2 $\mu$ A	250 k $\Omega$	<b>0,80 V</b>

Tabel 6.2

Rij 1  $U = I \cdot R$  met  $U = 230$  V en  $I = 800$  mA =  $800 \cdot 10^{-3}$  A  
 $230 = 800 \cdot 10^{-3} \times R$   
 $R = 2,87 \cdot 10^2 \Omega$   
 $R = 288 \Omega$  of met voorvoegsel  $R = 0,288$  k $\Omega$

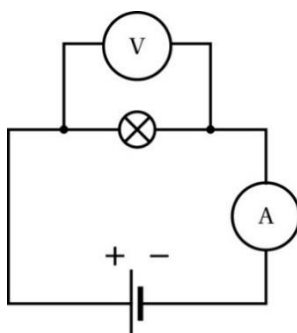
Rij 2  $U = I \cdot R$  met  $U = 30$  V en  $R = 7,5$  k $\Omega = 7,5 \cdot 10^3 \Omega$   
 $30 = I \times 7,5 \cdot 10^3$   
 $I = 4,0 \cdot 10^{-3}$  A  
 $I = 4,0$  mA of zonder voorvoegsel  $I = 0,0040$  A

Rij 3  $U = I \cdot R$  met  $I = 3,2 \mu$ A =  $3,2 \cdot 10^{-6}$  A en  $R = 250$  k $\Omega = 250 \cdot 10^3 \Omega$   
 $U = 3,2 \cdot 10^{-6} \times 250 \cdot 10^3$   
 $U = 0,80$  V

#### Opgave 15

- a Een schakelschema teken je door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Gebruik elektrotechnische symbolen.
  - Ga na of een meter in serie of parallel geschakeld wordt.
  - Teken eerst een stroomkring met de meter in serie met het lampje.
  - Voeg daarna de andere meter toe aan het schakelschema.

Zie figuur 6.6.



Figuur 6.6

- b Het type meter bepaal je door na te gaan of een meter in serie of parallel is geschakeld.

De linker multimeter staat parallel aan het lampje geschakeld, dan is het een voltmeter.

De rechter multimeter staat in serie met het lampje geschakeld, dan is het een ampèremeter.



## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- c De weerstand bereken je met de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

$$U = 6,41 \text{ V}$$

$$I = 0,51 \text{ A}$$

$$R = 12,56 \Omega$$

Afgerond  $R = 13 \Omega$ .

- d Waardoor de stroomsterkte in het begin afneemt, leg je uit met de verandering van de weerstand van het lampje.  
De verandering van de weerstand leg je uit met de verandering van een eigenschap van het materiaal als er stroom doorheen loopt.

In het begin is de draad nog koud. Doordat er een stroom doorheen gaat, stijgt de temperatuur van de draad. Door de temperatuurstijging neemt de soortelijke weerstand van de draad toe en dus de weerstand van de draad. De stroomsterkte neemt dan af.

(Op een bepaald moment blijft de temperatuur constant doordat de warmteafgifte aan de omgeving gelijk is aan de warmte-opname. De stroomsterkte blijft dan constant.)

**Opgave 16**

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

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

De drie draden zijn van hetzelfde materiaal gemaakt. Dus  $\rho$  is voor elke draad gelijk.

Draad A is korter dan draad B, maar wel even dik. De weerstand van draad A is dan kleiner dan die van draad B.

Draad A is dunner dan draad C, maar wel even lang. De weerstand van draad A is dan groter dan de weerstand van draad C.

Draad C heeft de kleinste weerstand, dan A, dan B.

**Opgave 17**

- a Welk lampje in het achterlicht zit, leg je uit met de hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet.

De hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet bepaal je in figuur 6.46 door de spanning en de stroomsterkte van de lampjes met elkaar te vergelijken.

Leg uit dat bij dezelfde spanning een grotere stroomsterkte betekent dat er meer energie per seconde wordt omgezet.

De lampjes branden op dezelfde spanning. Hoe groter de stroomsterkte, des te meer lading wordt verplaatst, des te meer energie in een lampje wordt omgezet.

Het lampje in het achterlicht brandt het minst fel en dus is de stroomsterkte door het achterlicht het kleinst.

Lampje 2 is dus het achterlicht.

- b De weerstand volgt uit de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

Bij dezelfde spanning loopt door de grootste weerstand dus de kleinste stroom.

Lampje 2 heeft dus de grootste weerstand.

- c Gebruik in je antwoord de beschrijving van de grafiek van een ohmse weerstand.

Voor een ohmse weerstand geldt dat het verband tussen de spanning en de stroomsterkte een rechte lijn door de oorsprong is. Dat is niet het geval voor lampje 2.

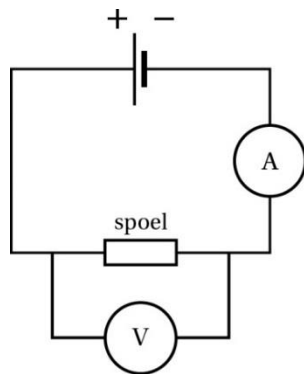
Lampje 2 gedraagt zich daarmee niet als ohmse weerstand.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 18**

- a Een schakelschema teken je door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Gebruik elektrotechnische symbolen.
  - Ga of een meter in serie of parallel is geschakeld. Zie pagina's 224 en 236.
  - Teken eerst een stroomkring met de meter in serie met de spoel.
  - Voeg daarna de andere meter toe aan het schakelschema.

Zie figuur 6.7.



**Figuur 6.7**

- b De lengte van de draad bereken je met de formule voor de soortelijke weerstand. De weerstand  $R$  bereken je met de wet van Ohm. De doorsnede  $A$  bereken je met de diameter  $d$ .

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

$$d = 0,25 \text{ mm} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot (0,25 \cdot 10^{-3})^2 = 4,908 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$U = I \cdot R$$

$$U = 15 \text{ V}$$

$$I = 55 \text{ mA} = 0,055 \text{ A}$$

$$15 = 0,055 \cdot R$$

$$R = 272,7 \Omega$$

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

$$\rho_{\text{constantaan}} = 0,45 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m} \quad (\text{zie BINAS tabel 9})$$

$$0,45 \cdot 10^{-6} = \frac{272,7 \times 4,908 \cdot 10^{-8}}{\ell}$$

$$\ell = 29,7 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \ell = 30 \text{ m.}$$

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 19**

- a Dat lampje B uitgaat, leg je uit met de stroomsterkte door lampje B.  
De stroomsterkte door lampje B bereken je met de wet van Ohm.  
De weerstand van de LDR bepaal je met de hoeveelheid licht die op de LDR valt.

Als S wordt geopend, gaat lampje A uit.

De LDR wordt dan niet meer belicht.

De weerstandswaarde van de LDR is dan heel groot.

De bronspanning in de rechterschakeling is niet veranderd.

Uit  $U = I \cdot R$  volgt dan dat als de weerstandswaarde heel groot is, de stroomsterkte in de rechterschakeling heel klein is. Bij een heel kleine stroomsterkte wordt er per seconde weinig energie omgezet in licht en warmte.

Lampje B geeft daardoor geen (waarneembaar) licht.

- b De toename of afname van de regelbare weerstand volgt uit de wet van Ohm.  
De stroomsterkte door lampje A volgt uit de felheid van branden van lampje A.  
De felheid van branden van lampje A volgt uit de weerstand van de LDR.  
De weerstand van de LDR volgt uit de felheid waarmee lampje B brandt.

Lampje B gaat feller branden.

Dus bij dezelfde spanning is de stroomsterkte in de rechterschakeling groter geworden.

Uit  $U = I \cdot R$  volgt dan dat de weerstand van de LDR kleiner is geworden.

Dat kan alleen als er meer licht op de LDR valt.

Dus moet lampje A feller zijn gaan branden.

Bij dezelfde spanning moet dus de stroomsterkte groter zijn geworden.

Daardoor is de weerstand in de linker kring kleiner geworden.

Dus is de waarde van de regelbare weerstand afgenomen.

**Opgave 20**

- a De toename van de stroomsterkte verklaar je met de wet van Ohm.  
De verandering van de weerstand volgt uit de beschrijving van de NTC.  
De verandering van de temperatuur verklaar je met de warmteontwikkeling.

Als de NTC aangesloten is op de spanningsbron, gaat er een stroom lopen door de NTC.

Door de warmteontwikkeling stijgt de temperatuur van de NTC.

Voor een NTC geldt dat zijn weerstandswaarde kleiner wordt als de temperatuur stijgt.

Bij een hogere temperatuur neemt de weerstandswaarde van de NTC af.

Dus wordt bij dezelfde bronspanning de stroom door de NTC groter.

- b Het temperatuurverschil bepaal je met figuur 6.49 en de weerstand van de NTC bij de verschillende stroomsterkten.  
De weerstand van de NTC bereken je met de wet van Ohm.

Bij stroomsterkte = 8,0 mA:

$$U_{\text{bron}} = I_{\text{begin}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

$$U_{\text{bron}} = 5,0 \text{ V}$$

$$I_{\text{begin}} = 8,0 \text{ mA} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$5,0 = 8,0 \cdot 10^{-3} \times R_{\text{NTC}}$$

$$R_{\text{NTC}} = 625 \Omega$$

$$t_{\text{NTC,begin}} = 18 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{aflezen in figuur 6.49 van het leerboek})$$

Bij stroomsterkte = 16,0 mA:

$$U_{\text{bron}} = I_{\text{eind}} \cdot R_{\text{NTC}}$$

$$U_{\text{bron}} = 5,0 \text{ V}$$

$$I_{\text{eind}} = 16,0 \text{ mA} = 16,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$5,0 = 16,0 \cdot 10^{-3} \text{ A} \times R_{\text{NTC}}$$

$$R_{\text{NTC}} = 312 \Omega$$

$$t_{\text{NTC,eind}} = 40 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{aflezen in figuur 6.49 van het leerboek})$$

$$\Delta T = 40 - 18 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

## 6.4 Gebruik van elektrische energie

### Opgave 21

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

$$P = U \cdot I$$

$$U = 100 \text{ MV} = 100 \cdot 10^6 \text{ V}$$

$$I = 60 \text{ kA} = 60 \cdot 10^3 \text{ A}$$

$$P = 100 \cdot 10^6 \times 60 \cdot 10^3 = 6000 \cdot 10^9$$

$$\text{Afgerond: } P = 6,0 \cdot 10^{12} \text{ W.}$$

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

$$E_{\text{gem}} = P_{\text{gem}} \cdot t$$

$$E_{\text{gem}} = 100 \text{ kWh} = 100 \times 3,6 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$t = 1 \text{ ms} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$3,6 \cdot 10^8 = P_{\text{gem}} \cdot 1 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{gem}} = 3,6 \cdot 10^{11} \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P_{\text{gem}} = 4 \cdot 10^{11} \text{ W.}$$

- 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.

$$E_{\text{totaal}} = E_{\text{gem}} \cdot \text{aantal ontladingen}$$

$$E_{\text{gem}} = 100 \text{ kWh}$$

$$\text{aantal ontladingen} = 2,5 \cdot 10^5$$

$$E_{\text{totaal}} = 100 \times 2,5 \cdot 10^5 = 2,5 \cdot 10^7 \text{ kWh}$$

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

$$E_{\text{gezin}} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$\text{aantal gezinnen} = \frac{2,5 \cdot 10^7}{4,0 \cdot 10^3} = 6250$$

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.

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

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.

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 22**

Het aantal uren dat een tv per dag aanstaat, bereken je met het aantal uren dat een tv per jaar aanstaat.

Het aantal uren dat een tv per jaar aanstaat, bereken je met het energieverbruik van de tv per jaar en het vermogen.

Het energieverbruik van de tv bereken je met het percentage van het energieverbruik en het energieverbruik.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = 25\%$$

$$E_{\text{totaal}} = 4 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$25 = \frac{E_{\text{nuttig}}}{4 \cdot 10^3} \times 100\%$$

$$E_{\text{nuttig}} = 1 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$E = P \cdot t$$

$$P = 400 \text{ W} = 0,400 \text{ kW}$$

$$1 \cdot 10^3 = 0,400 \times t$$

$$t = 2,5 \cdot 10^3 \text{ h}$$

Het aantal uren dat de tv per dag aanstaat:  $\frac{2,5 \cdot 10^3}{365} = 6,8 \text{ h}$

Dat is dus mogelijk.

**Opgave 23**

a De energie voor het strijken van het overhemd bereken je met behulp van de energie voor het opwarmen van het strijkijzer + de benodigde energie tijdens het strijken.

De energie bereken je met de formule voor energie.

De tijd dat het strijkijzer elektrische energie omzet volgt uit figuur 6.61.

Uit figuur 6.61 volgt dat het strijkijzer maar een deel van de tijd elektrische energie omzet.

$$t = 13 \times 0,1 \cdot 10^2 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ s}$$

$$E = P \cdot t$$

$$P = 1,80 \text{ kW} = 1,80 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$E = 1,80 \cdot 10^3 \times 1,3 \cdot 10^2 = 2,34 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$2,34 \cdot 10^5 = \frac{2,34 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^6} = 6,50 \cdot 10^{-2} \text{ kWh}$$

Afgerond:  $6,5 \cdot 10^{-2} \text{ kWh}$ .

b De weerstand bereken je met de wet van Ohm.

De stroomsterkte bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 1,80 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$1,80 \cdot 10^3 \text{ W} = 230 \times I$$

$$I = 7,826 \text{ A}$$

$$U = I \cdot R$$

$$230 = 7,826 \times R$$

$$R = 29,38 \Omega$$

Afgerond:  $R = 29,4 \Omega$ .

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- c De weerstand bereken je met de wet van Ohm.  
De stroomsterkte bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$P = U \cdot I$$

Als  $P$  afneemt en  $U$  blijft gelijk, dan neemt  $I$  af.

$$U = I \cdot R$$

Als  $U$  gelijk blijft en  $I$  neemt af, dan neemt  $R$  toe.

**Opgave 24**

- a Het maximale vermogen bereken je met de spanning en de maximale stroomsterkte.

$$P = U \cdot I_{\text{hoofdzekering}}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$I_{\text{hoofdzekering}} = 75 \text{ A}$$

$$P = 230 \times 75 = 17250$$

$$\text{Afgerond: } P = 1,7 \cdot 10^4 \text{ W (= 17 kW).}$$

- b Of alle apparaten tegelijk kunnen functioneren, laat je zien door het totaal gevraagde vermogen te vergelijken met het maximale vermogen per groep.  
Het maximale vermogen per groep bereken je met de spanning en de maximale stroomsterkte van één groep.

$$P_{\text{max}} = U \cdot I_{\text{groep}}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$I_{\text{groep}} = 16 \text{ A}$$

$$P_{\text{max}} = 230 \times 16 = 3680 \text{ W}$$

$$P_{\text{gevraagd}} = 15 + 150 + 250 + 100 + 850 + 2300 = 3665 \text{ W}$$

$$P_{\text{gevraagd}} < P_{\text{max}}$$

Dus kunnen alle apparaten op dezelfde groep functioneren.

**Opgave 25**

- a Dat er geen gevaar is leg je uit met de beschrijving van de spanning van de nuldraad ten opzichte van de aarde.

De spanning van de nuldraad ten opzichte van de aarde is 0 V.

Tussen de nuldraad en de vloer van de kamer is de spanning dus 0 V.

Daarom kan er geen stroom door je lichaam lopen.

- b Dat de zekering geen beveiliging biedt, leg je uit met de beschrijving de werking van een zekering.

De zekering treedt pas in werking vanaf een bepaalde stroomsterkte. Afhankelijk van de zekering is dat minstens 10 A. Dat is veel meer dan 40 mA, dat al levensgevaarlijk is.

- c Dat de aardlekschakelaar wel beveiliging biedt, leg je uit met de beschrijving van de werking van de aardlekschakelaar.

Een aardlekschakelaar vergelijkt het verschil in stroomsterkte in de fasedraad met de stroomsterkte in de nuldraad. Die twee stroomsterktes moeten aan elkaar gelijk zijn.

Loopt er een kleine stroom ( $\geq 30 \text{ mA}$ ) door je lichaam naar de aarde, dan zijn de stroomsterktes niet meer aan elkaar gelijk. De aardlekschakeling reageert hierop en onderbreekt de stroomkring.

**Opgave 26**

- a Of het lampje brandt, leg je uit met de beschrijving van de nuldraad en die van de fasedraad ten opzichte van de aarde.

Het lampje brandt als er stroom doorheen loopt. Dan kan alleen als er spanning staat tussen de draad en de vinger. De spanning van de vinger ten opzichte van de aarde is 0 V. Dus moet de draad een spanning hebben ten opzichte van de aarde. Dat is het geval voor de fasedraad.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- b Dat je het knopje moet aanraken leg je uit met de beschrijving van een geleidende verbinding van de fasedraad naar de aarde.

Als het lampje brandt, is er een geleidende verbinding van de fasedraad naar de aarde. Daarvoor zorgt je lichaam als je de metalen knop aanraakt.

- c Of de weerstand groot of klein is beredeneer je met de wet van Ohm. Of de stroomsterkte door de draad groot of klein is, beredeneer je met de veilige stroomsterkte door je lichaam.

De stroomsterkte door je lichaam is gelijk aan de stroomsterkte door het lampje en door de weerstand. Voor de veiligheid moet de stroomsterkte door het lichaam klein zijn en dus door het lampje ook. Een kleine stroomsterkte ontstaat bij een grote weerstand.

**Opgave 27**

- a De stroomsterkte door zekering 3 bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.  
Het vermogen bereken je uit het aantal remlichten en het vermogen van een remlicht.  
De spanning over elke lamp is gelijk aan de spanning in de stroomkring met de lampen.

$$P = U \cdot I$$

Er zijn twee remlichten met elk een vermogen van 21 W.

Het totale vermogen is 42 W.

De spanning is gelijk aan de accuspanning en is dus 12 V.

$$42 = 12 \cdot I$$

$$I = 3,50 \text{ A}$$

Afgerond:  $I = 3,5 \text{ A}$ .

- b De stroomsterkte door zekering 2 beredeneer je met de spanning van de accu en de weerstand van de achterrautverwarming.  
De stroomsterkte door zekering 1 beredeneer je met de beschrijving van elektrische stroom in een stroomkring.

De stroomsterkte door zekering 2 is gelijk gebleven.

De stroomsterkte door zekering 1 is kleiner geworden.

- c Het elektrische vermogen van de achterrautverwarming bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.  
De spanning bepaal je in de stroomkring met de achterrautverwarming.  
De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.  
De weerstand bepaal je met de weerstanden in de stroomkring met de achterrautverwarming.

$$R = R_{\text{verwarming}} + R_{\text{draad}}$$

$$R = 0,900 + 0,022 = 0,922 \Omega$$

$$U = I \cdot R$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$12 = I \cdot 0,922$$

$$I = 13,0 \text{ A}$$

$$P = U \cdot I$$

$$P = 12 \times 13,0$$

$$P = 156 \text{ W}$$

Afgerond:  $P = 1,6 \cdot 10^2 \text{ W}$ .

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- d
- Dat de waarde van de nieuwe zekering goed is gekozen leg je uit door de stroomsterkte van 40 A te vergelijken met de stroomsterkte bij een vermogen van 420 W.  
De stroomsterkte bij een vermogen van 420 W bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.  
De spanning is gelijk aan de spanning in de stroomkring met de audioversterker.
  - Dat de opmerking over brandveiligheid gaat, leg je uit door de warmteontwikkeling in dikke draden te vergelijken met die in dunne draden.

$$U = 12 \text{ V}$$

$$P = 420 \text{ W}$$

$$420 = 12 \cdot I$$

$$I = 35 \text{ A}$$

De zekering van 40 A is dus groot genoeg.

Dikkere draden hebben een kleinere weerstand.

Hierdoor wordt minder warmte in de draden ontwikkeld en is er een grotere brandveiligheid.



## 6.5 Weerstanden in een schakeling

### Opgave 28

- a Gebruik het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Ja.

De spanning van de spanningsbron verdeelt zich nu over drie in plaats van over twee lampjes. De spanning over lampje 1 wordt daardoor kleiner.

- b Gebruik de wet van Ohm en het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

Ja.

De spanning over lampje 1 wordt lager. Zie vraag a.

Voor een lampje geldt dat de stroomsterkte afneemt als de spanning afneemt.

De stroomsterkte door lampje 1 wordt daardoor kleiner.

of

Met een derde lampje in de schakeling neemt de totale weerstand toe. Er geldt:  $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$ .

$U_{\text{tot}}$  blijft gelijk;  $R_{\text{tot}}$  is groter.

Dus de stroomsterkte wordt kleiner.

- c De felheid waarmee een lampje brandt hangt af van het vermogen dat in het lampje wordt afgegeven.

Gebruik de formule voor het vermogen van elektrische stroom en de antwoorden op de vragen a en b.

Minder fel.

De felheid wordt bepaald door het opgenomen vermogen:  $P_1 = U_1 \cdot I_1$ .

Zowel  $U_1$  als  $I_1$  zijn kleiner geworden. Zie antwoorden a en b.

Het opgenomen vermogen door lampje 1 wordt daardoor kleiner. Het lampje brandt dan minder fel.

- d Gebruik de formule voor het vermogen van elektrische stroom en het kenmerk van stroom in een serieschakeling.

Ja.

Het vermogen dat de bron moet leveren, volgt uit  $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$ .

De stroomsterkte die de bron levert, is kleiner geworden. Zie antwoord b.

De spanning van de bron is gelijk gebleven.

Het vermogen dat de bron moet leveren, is kleiner geworden.

- e Gebruik het kenmerk van spanning in een parallelschakeling.

Nee.

Lampje 1 blijft direct verbonden met de spanningsbron, onafhankelijk van de andere lampjes.

De spanning over lampje 1 verandert dus niet.

- f Gebruik de wet van Ohm en het kenmerk van weerstand in een parallelschakeling.

Nee.

De spanning over lampje 1 blijft gelijk. Zie antwoord e.

De stroomsterkte door lampje 1 verandert dus niet.

- g De felheid waarmee een lampje brandt hangt af van het vermogen dat in het lampje wordt afgegeven.

Gebruik de formule voor het vermogen van elektrische stroom en de antwoorden op de vragen e en f.

Even fel.

De felheid wordt bepaald door het opgenomen vermogen:  $P_1 = U_1 \cdot I_1$ .

Zowel  $U_1$  als  $I_1$  zijn niet veranderd. Zie antwoorden e en f.

Het opgenomen vermogen door lampje 1 verandert niet. Het lampje brandt even fel.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- h Gebruik de formule voor het vermogen van elektrische stroom en het kenmerk van stroom in een parallelschakeling.

Ja.

Het vermogen dat de bron moet leveren, volgt uit  $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$ .

De hoofdstroom is de som van de takstromen.

Er is een tak bij gekomen.

De hoofdstroom is daardoor groter geworden.

De spanning van de bron is gelijk gebleven.

Het vermogen dat de bron moet leveren, is dus groter geworden.

**Opgave 29**

- a Dat de waarde van de weerstand  $12 \Omega$  is, bereken je met de wet van Ohm toegepast op weerstand 1.  
 $U_1$  bereken je met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Voor de serieschakeling geldt  $U_{\text{bron}} = U_1 + U_L$ .

$$4,5 = U_1 + 3,0$$

$$U_1 = 1,5 \text{ V}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_1 = 1,5 \text{ V}$$

$$I_1 = 125 \text{ mA} = 0,125 \text{ A}$$

$$1,5 = 0,125 \cdot R_1$$

$$R_1 = 12,0 \Omega$$

Afgerond:  $12 \Omega$ .

- b De totale weerstand bereken je met de wet van Ohm toegepast op de gehele schakeling.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \times R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = U_{\text{bron}} = 4,5 \text{ V}$$

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bron}} = 125 \text{ mA} = 0,125 \text{ A}$$

$$4,5 = R_{\text{tot}} \times 0,125$$

$$R_{\text{tot}} = 36,0 \Omega$$

Afgerond:  $36 \Omega$ .

- c De totale weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.  
De weerstand van het lampje bereken je met de wet van Ohm toegepast op het lampje.

$$U_L = I_L \cdot R_L$$

$$U_L = 3,0 \text{ V}$$

$$I_L = 125 \text{ mA} = 0,125 \text{ A}$$

$$3,0 = R_L \times 0,125$$

$$R_L = 24,0 \Omega$$

Voor de serieschakeling geldt  $R_{\text{tot}} = R_1 + R_L$ .

$$R_1 = 12 \Omega$$

$$R_L = 24,0 \Omega$$

$$R_{\text{tot}} = 12 + 24,0$$

$$R_{\text{tot}} = 36,0 \Omega$$

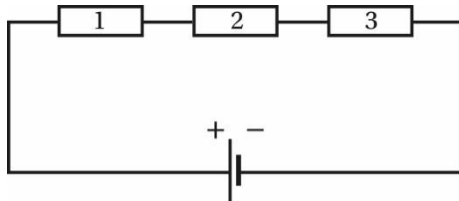
Afgerond:  $36 \Omega$ .

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 30**

a In een schakelschema gebruik je elektrotechnische symbolen.

Zie figuur 6.8.



**Figuur 6.8**

b De totale weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

$$R_{\text{tot}} = 47 + 83 + 120 = 250 \, \Omega. \text{ (In drie 3 cijfers!)}$$

c  $U_1$  bereken je met de wet van Ohm toegepast op weerstand 1.

$I_1$  volgt uit het kenmerk van stroom in een serieschakeling.

De stroomsterkte in de serieschakeling bereken je met de wet van Ohm toegepast op de gehele schakeling.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = U_{\text{bron}} = 15 \text{ V}$$

$$R_{\text{tot}} = 250 \, \Omega \text{ (zie vraag b)}$$

$$15 = I_{\text{tot}} \times 250$$

$$I_{\text{tot}} = 0,060 \text{ A}$$

Voor de serieschakeling geldt  $I_1 = I_{\text{tot}} = 0,060 \text{ A}$ .

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

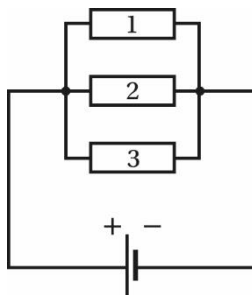
$$R_1 = 47 \, \Omega$$

$$U_1 = 0,060 \times 47 = 2,82 \text{ V}$$

Afgerond  $U_1 = 2,8 \text{ V}$ .

d In een schakelschema gebruik je elektrotechnische symbolen.

Zie figuur 6.9.



**Figuur 6.9**

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- e De totale weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een parallelschakeling.

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{47} + \frac{1}{83} + \frac{1}{120}$$

$$R_{\text{tot}} = 24,0 \Omega$$

$$\text{Afgerond: } R_{\text{tot}} = 24 \Omega.$$

- f De stroomsterkte in de parallelschakeling bereken je met de wet van Ohm toegepast op de gehele schakeling.

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = U_{\text{bron}} = 15 \text{ V}$$

$$R_{\text{tot}} = 24 \Omega$$

$$15 = I_{\text{tot}} \times 24$$

$$I_{\text{tot}} = 0,625$$

$$\text{Afgerond: } 0,63 \text{ A.}$$

**Opgave 31**

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

$$P = U \cdot I$$

$$P = 1,8 \text{ kW} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$1,8 \cdot 10^3 = 230 \cdot I$$

$$I = 7,82 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I = 7,8 \text{ A.}$$

- b Waarom schema's I en II niet juist zijn leg je uit met een kenmerk van de schakeling. Gebruik bij schema I het kenmerk van spanning in een parallelschakeling. Gebruik bij schema II het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

In schema I staan het neonlampje en het verwarmingselement parallel aan elkaar.

Dus over het neonlampje staat 230 V en dat moet 90 V zijn.

In schema II staan het neonlampje en het verwarmingselement in serie met elkaar. De som van de spanningen is 230 V. Dus over het verwarmingselement staat geen 230 V.

- c  $R_1$  bereken je met de wet van Ohm toegepast op weerstand 1.  $U_1$  bereken je met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Voor de serieschakeling geldt  $U_{\text{bron}} = U_1 + U_{\text{lampje}}$ .

$$U_{\text{bron}} = 230 \text{ V}$$

$$U_{\text{lampje}} = 90 \text{ V}$$

$$230 = U_1 + 90$$

$$U_1 = 140 \text{ V}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$I_1 = 0,42 \text{ mA} = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$140 = 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot R_1$$

$$R_1 = 3,33 \cdot 10^5 \Omega$$

$$\text{Afgerond: } 3,3 \cdot 10^5 \Omega.$$

**Opgave 32**

- a Dat de lampjes niet hetzelfde zijn, leg je uit door de weerstand van de lampjes te vergelijken. De weerstand van een lampje bereken je met de wet van Ohm.

Je ziet dat de stroomsterkten door de lampjes niet hetzelfde zijn.

De spanning is wel hetzelfde, omdat de twee lampjes parallel aan elkaar staan.

Volgens de wet van Ohm zijn de lampjes dus niet identiek.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- b  $U_1$  bereken je met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Voor een serieschakeling geldt  $U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{lampjes}}$

$$9,0 = U_1 + 6,0$$

$$U_1 = 3,0 \text{ V}$$

- $I_1$  bereken je met het kenmerk van stroom in een parallelschakeling.

Voor de parallelschakeling geldt  $I_1 = I_{L1} + I_{L2}$

$$I_{L1} = 250 \text{ mA} = 0,250 \text{ A}$$

$$I_{L2} = 375 \text{ mA} = 0,375 \text{ A}$$

$$I_1 = 0,250 + 0,375 = 0,625 \text{ A}$$

$R_1$  bereken je met de wet van Ohm.

$$U_1 = I_1 \times R_1$$

$$3,0 = 0,625 \times R_1$$

$$R_1 = 4,80 \ \Omega$$

$$\text{Afgerond: } 4,8 \ \Omega.$$

**Opgave 33**

- a  $I_1$  bereken je met de wet van Ohm.  
 $U_1$  bereken je met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Voor een serieschakeling geldt  $U_{\text{bron}} = U_1 + U_L$ .

$$U_{\text{bron}} = 12,0 \text{ V}$$

$$U_L = 4,5 \text{ V}$$

$$12,0 = U_1 + 4,5$$

$$U_1 = 7,5 \text{ V}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$R_1 = 56 \ \Omega$$

$$U_1 = 7,5 \text{ V}$$

$$7,5 = 56 \times I_1$$

$$I_1 = 0,133 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_1 = 0,13 \text{ A.}$$

- b  $I_L$  bereken je met het kenmerk van stroom in een parallelschakeling.  
 $I_2$  bereken je met de wet van Ohm.  
 $U_2$  volgt uit het kenmerk van spanning in een parallelschakeling.

Voor de parallelschakeling geldt  $U_2 = U_L = 4,5 \text{ V}$ .

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$R_2 = 330 \ \Omega$$

$$4,5 = 330 \times I_2$$

$$I_2 = 0,0136 \text{ A}$$

Voor de parallelschakeling geldt  $I_1 = I_2 + I_L$ .

$$I_1 = 0,13 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,0136 \text{ A}$$

$$0,13 = 0,0136 + I_L$$

$$I_L = 0,1164 \text{ A}$$

$$\text{Afgerond: } I_L = 0,12 \text{ A.}$$

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 34**

- a  $I_1$  en  $I_3$  bereken je met het kenmerk van stroom in een parallelschakeling.  
 $I_2$  bereken je met de wet van Ohm.  
 $U_2$  volgt uit het kenmerk van spanning in een parallelschakeling.

Voor de parallelschakeling geldt  $U_2 = U_{\text{bat}} = 6,0 \text{ V}$ .

$$\begin{aligned}U_2 &= I_2 \cdot R_2 \\R_2 &= 60 \Omega \\6,0 &= 60 \times I_2 \\I_2 &= 0,10 \text{ A}\end{aligned}$$

Voor de parallelschakeling geldt  $I_{\text{tot}} = I_2 + I_{1,3}$ .

$$\begin{aligned}I_{\text{tot}} &= 0,30 \text{ A} \\0,30 &= 0,10 + I_{1,3} \\I_{1,3} &= 0,20 \text{ A}\end{aligned}$$

- b  $R_3$  bereken je met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.  
 $R_{1,3}$  (de weerstand 1 en 3 samen) bereken je met de wet van Ohm toegepast op de bovenste tak.  
 $U_{1,3}$  (de spanning over de bovenste tak) volgt uit het kenmerk van spanning in een parallelschakeling.

Voor de parallelschakeling geldt  $U_{1,3} = U_{\text{bat}} = 6,0 \text{ V}$ .

$$\begin{aligned}U_{1,3} &= I_{1,3} \cdot R_{1,3} \\6,0 &= 0,20 \cdot R_{1,3} \\R_{1,3} &= 30 \Omega\end{aligned}$$

Voor de serieschakeling geldt  $R_{1,3} = R_1 + R_3$ .

$$\begin{aligned}30 &= 12 + R_3 \\R_3 &= 18 \Omega\end{aligned}$$

**Opgave 35**

- a Of de weerstand van de LDR groter of kleiner wordt, leg je uit met behulp van figuur 6.79 en de beschrijving van het verband tussen afstand en verlichtingssterkte.

Zie figuur 6.79 van het leerboek.

Als de afstand groter wordt, wordt de weerstandswaarde ook groter.

Als de afstand groter wordt, neemt de verlichtingssterkte af.

Dus als de verlichtingssterkte toeneemt, neemt de weerstandswaarde van de LDR af.

- b Dat de spanning  $U_1$  bij een weerstand van  $500 \Omega$  het grootst is, leg je uit met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

Als de hoeveelheid licht niet verandert, verandert de weerstandswaarde van de LDR niet.

De LDR en weerstand  $R$  staan in serie.

De spanning van de batterij wordt daardoor verdeeld volgens  $U_{\text{bron}} = U_1 + U_{\text{LDR}}$ .

De meeste spanning staat over de grootste weerstand.

Dus bij een weerstand van  $500 \Omega$  geeft de spanningsmeter de grootste waarde aan.

- c Dat de spanning  $U_{\text{LDR}}$  afneemt als er meer licht op valt, leg je uit met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.  
 $R_{\text{LDR}}$  beredeneer je met een beschrijving van een LDR.

Als er meer licht op de LDR valt, dan neemt zijn weerstand af.

Bij een serieschakeling staat de grootste spanning over de grootste weerstand.

Als de weerstand van de LDR afneemt en  $R_1$  blijft gelijk, komt er verhoudingsgewijs minder spanning over de LDR te staan.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- d Voor een serieschakeling geldt  $U_{\text{tot}} = U_1 + U_{\text{LDR}}$ .

$U_{\text{tot}}$  is en blijft 5,0 V.

$U_{\text{LDR}}$  neemt af.

Dus neemt  $U_1$  toe.

- e Dat de spanningsmeter over weerstand 1 staat, leg je uit met de beschrijving van het verband tussen de spanning en de verlichtingssterkte.

$U_1$  neemt toe als er meer licht op de LDR valt.

Als de voltmeter dan over weerstand 1 is geplaatst, kun je zeggen dat de lichtsterkte toeneemt als de aanwijzing op de meter toeneemt. En dat is wel zo handig.

- f De afstand van de lamp tot de LDR bepaal je in figuur 6.79 met de weerstand van de LDR.

$R_{\text{LDR}}$  bereken je met de wet van Ohm.

$U_{\text{LDR}}$  bereken je met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.

$I_{\text{LDR}}$  volgt uit het kenmerk van stroom in een serieschakeling.

$I_1$  bereken je met de wet van Ohm toegepast op weerstand 1.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_1 = 2,7 \text{ V}$$

$$R_1 = 500 \ \Omega$$

$$2,7 = I_1 \cdot 500$$

$$I_1 = 0,0054 \text{ A}$$

Voor de serieschakeling geldt  $I_{\text{LDR}} = I_1 = 0,0054 \text{ A}$ .

Voor de serieschakeling geldt  $U_{\text{tot}} = U_{\text{LDR}} + U_1$ .

$$U_{\text{tot}} = 5,0 \text{ V}$$

$$U_1 = 2,7 \text{ V}$$

$$5,0 = U_{\text{LDR}} + 2,7$$

$$U_{\text{LDR}} = 2,3 \text{ V}$$

$$U_{\text{LDR}} = I_{\text{LDR}} \cdot R_{\text{LDR}}$$

$$2,3 = 0,0054 \cdot R_{\text{LDR}}$$

$$R_{\text{LDR}} = 425 \ \Omega$$

Aflezen van figuur 6.79 van het leerboek geeft een afstand van 0,63 m.

**Opgave 36**

- a De afname van  $U_L$  leg je uit met het kenmerk van spanning in een serieschakeling.  
De afname van  $I_L$  leg je uit met het kenmerk van stroom in een serieschakeling.  
De afname van de stroomsterkte in de gehele schakeling leg je uit met de wet van Ohm.

De regelbare weerstand  $R$  staat in serie met het lampje. Als de weerstand  $R$  toeneemt, neemt de totale weerstand toe. De totale spanning blijft gelijk. Als de totale weerstand toeneemt, neemt volgens de wet van Ohm de totale stroomsterkte af. En daardoor ook de stroomsterkte door het lampje.

Bij een serieschakeling staat de grootste spanning over de grootste weerstand.

Als de weerstand  $R$  toeneemt en  $R_L$  blijft gelijk, komt er verhoudingsgewijs meer spanning over weerstand  $R$  te staan. Daardoor neemt  $U_L$  af.

**of**

$I_L$  neemt af en  $R_L$  blijft hetzelfde. Dan is volgens de wet van Ohm  $U_L$  kleiner.

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

$$P_L = U_L \cdot I_L$$

Is  $R = 0$ , dan is  $U_L$  gelijk aan  $U_{\text{bron}} = 6,0 \text{ V}$ .

$$I_L = 0,46 \text{ A} \quad (\text{aflezen in figuur 6.82 in het leerboek})$$

$$P = 6,0 \times 0,46 = 2,76 \text{ W}$$

Afgerond: 2,8 W.

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- c Dat het vermogen afneemt, toon je aan door de grootheden in de formule voor het vermogen van elektrische stroom te analyseren: bespreek de spanning en de stroomsterkte. De stroomsterkte leg je uit aan de hand van de wet van Ohm voor de gehele schakeling. De weerstand leg je uit met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

Voor de serieschakeling geldt  $R_{\text{tot}} = R_L + R$ .  
Doordat  $R$  toeneemt en  $R_L$  gelijk blijft, neemt  $R_{\text{tot}}$  toe.

$U_{\text{bron}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$   
Omdat de spanning  $U_{\text{bron}}$  gelijk blijft en  $R_{\text{tot}}$  toeneemt, neemt  $I_{\text{tot}}$  af.

$P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{tot}}$   
De spanning  $U_{\text{bron}}$  blijft gelijk en  $I_{\text{tot}}$  neemt af. Dus neemt  $P_{\text{bron}}$  af.

- d De hoeveelheid warmte die per seconde in de weerstand met  $R = 6,0 \Omega$  ontstaat, bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom. De spanning over de weerstand bereken je met de wet van Ohm. De stroomsterkte lees je af in figuur 6.82.

In figuur 6.82 lees je bij  $R = 6,0 \Omega$  af:  $I = 0,37 \text{ A}$

$$U = I \cdot R$$

$$U = 0,37 \times 6,0 = 2,22 \text{ V}$$

$$P = U \cdot I$$

$$P = 2,22 \times 0,37 = 0,821 \text{ W}$$

Afgerond:  $P = 0,82 \text{ W}$ .

**Opgave 37**

- a De stroomsterkte bereken je met de formule voor elektrisch vermogen voor T2.

$$P_{\text{CD}} = U_{\text{CD}} \cdot I_{\text{CD}}$$

$$U_{\text{CD}} = 3,8 \cdot 10^5 \text{ V}$$

$$P_{\text{CD}} = P_{\text{dorp}} = 9,5 \cdot 10^7 \text{ W}$$

$$I_{\text{CD}} = 250 \text{ A}$$

Afgerond:  $I_{\text{CD}} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ A}$ .

- b Het verlies aan vermogen bereken je met de formule voor elektrisch vermogen voor de kabels. De spanning over de kabels bereken je met de wet van Ohm.

$$U_{\text{kabels}} = I_{\text{kabels}} \cdot R_{\text{kabels}}$$

$$I_{\text{kabels}} = I_{\text{CD}} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ A}$$

$$R_{\text{kabels}} = 1,6 \Omega$$

$$U_{\text{kabels}} = 2,5 \cdot 10^2 \times 1,6 = 400 \text{ V}$$

$$P_{\text{kabels}} = U_{\text{kabels}} \cdot I_{\text{kabels}}$$

$$P_{\text{kabels}} = 400 \times 2,5 \cdot 10^2 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ W}$$

- c Het rendement bereken je met de formule voor rendement.

$P_{\text{nuttig}}$  volgt uit het vermogen na transport.  
 $P_{\text{in}}$  bereken je uit het vermogen na transport en het verlies aan vermogen.

$$P_{\text{in}} = P_{\text{nuttig}} + P_{\text{verlies}}$$

$$P_{\text{nuttig}} = P_{\text{na}} = 9,5 \cdot 10^7 \text{ W}$$

$$P_{\text{verlies}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ W}$$

$$P_{\text{in}} = P_{\text{voor}} = 9,5 \cdot 10^7 + 1,0 \cdot 10^5 = 9,51 \cdot 10^7 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{9,5 \cdot 10^7}{9,51 \cdot 10^7} \cdot 100\% = 99,9\%$$

Conclusie: bijna 100%.



## 6.6 Duurzame energie

### Opgave 38

Zie tabel 6.3.

Centrale	Voordeel	Nadeel
conventionele centrale	relatief goedkoop	uitstoot broeikasgassen
kerncentrale	geen uitstoot broeikasgassen	radioactief afval
windmolenpark	geen CO <sub>2</sub> -uitstoot	afhankelijk van de wind gevaar voor vogels
waterkrachtcentrale	geen CO <sub>2</sub> -uitstoot	beperkt mogelijkheden in Nederland aantasting van de natuur

Tabel 6.3

### Opgave 39

- a Dat de gloeilamp 3,0 J elektrische energie per seconde omzet in licht, volgt uit het nuttig vermogen van de lamp.

Het nuttig vermogen van de lamp bereken je met de formule voor het rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = 5,0\%$$

$$P_{\text{in}} = 60 \text{ W}$$

$$5,0 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{60} \times 100$$

$$P_{\text{nuttig}} = 3,0 \text{ W}$$

De gloeilamp levert 3,0 J aan stralingsenergie per seconde.

- b Het rendement van de ledlamp bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{in}} = 9,0 \text{ W}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 3,0 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{3,0}{9,0}$$

$$\eta = 0,333$$

$$\text{Afgerond: } 0,33 \text{ (33\%)}$$

### Opgave 40

- a De vaartijd bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$$E = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$P = 4,0 \text{ kW} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$3,6 \cdot 10^6 = 4,0 \cdot 10^3 \times t$$

$$t = 900 \text{ s} = \frac{900}{3600} = 0,250 \text{ h}$$

Afgerond: 0,25 h.

- b De stroomsterkte bereken je met de formule voor het elektrisch vermogen.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 4,0 \text{ kW} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$U = 43,2 \text{ V}$$

$$4,0 \cdot 10^3 = 43,2 \times I$$

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

$$I = 92,5 \text{ A}$$

Afgerond:  $I = 93 \text{ A}$ .

- c Het rendement bereken je met de formule voor rendement.

$P_{\text{nuttig}}$  volgt uit het vermogen dat de zonnecellen leveren als op  $1 \text{ m}^2$   $1000 \text{ W}$  aan stralingsenergie valt.

$P_{\text{in}}$  bereken je uit de oppervlakte aan zonnecellen en de definitie van wattpiek.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 1750 \text{ W}$$

$$P_{\text{in}} = 7,92 \times 1000 \text{ W}$$

$$P_{\text{in}} = 7,92 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{1750}{7,92 \cdot 10^3}$$

$$\eta = 0,2209$$

Afgerond:  $0,221 = 22,1\%$ .

- d De oplaadtijd bereken je met de formule voor energie.

De energie is de maximale energie die in de batterijen kan worden opgeslagen.

Het vermogen is het maximale vermogen dat de zonnecellen samen kunnen leveren.

$$E = P \cdot t$$

$$P = 1750 \text{ W}$$

$$E = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$3,6 \cdot 10^6 = 1750 \cdot t$$

$$t = 2,05 \cdot 10^3 \text{ s} = 0,571 \text{ h}$$

Afgerond:  $t = 0,57 \text{ h}$ .

of

$$E = P \cdot t$$

$$E = 3,6 \text{ MJ} = 1,0 \text{ kWh}$$

$$P = 1750 \text{ W} = 1750 \cdot 10^{-3} \text{ kW} = 1,750 \text{ kW}$$

$$1,0 = 1,750 \cdot t$$

$$t = 0,571 \text{ h}$$

Afgerond:  $0,57 \text{ h}$ .

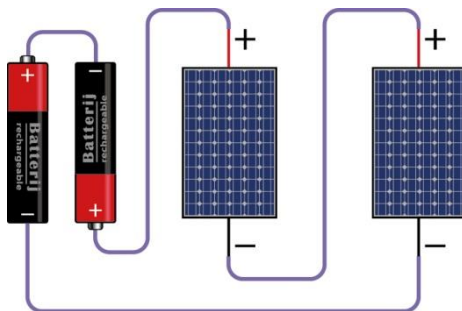
**Opgave 41**

- a De verbindingsdraden teken je door de volgende opdrachten uit te voeren:

- Teken eerst de verbindingsdraden tussen de batterijen en tussen de zonnepaneeltjes zodat ze in serie staan.
- Teken daarna de verbindingsdraden zodat de zonnepaneeltjes de batterijen opladen

Zie figuur 6.10.

Voor het opladen van een batterij moet de pluspool van de batterij worden verbonden met de pluspool van de lader.



**Figuur 6.10**

- b De tijd die nodig is voor het opladen bereken je met de formule voor de stroomsterkte. De lading volgt uit de capaciteit.

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 800 \text{ mAh}$$

Omdat  $[Q] = \text{mAh}$ , dan  $[I] = \text{mA}$  en  $[t] = \text{h}$ .

$$I = 90 \text{ mA}$$

$$800 = 90 \times t$$

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

$$t = 8,88 \text{ h}$$

Afgerond:  $t = 8,9 \text{ h}$ .

- c Dat de diode van belang is, leg je uit door de stroomrichting te beschrijven bij opladen van de batterijen en de (mogelijke) stroomrichting als een wolk voor de zon schuift.

Als er een wolk voor de zon schuift, neemt de spanning over de zonnecellen af.

Als de spanning dan lager wordt dan de spanning over de batterijen, gaan de batterijen zich ontladen. Dat is uiteraard niet de bedoeling.

De diode voorkomt dat er een stroom vanuit de batterijen naar de zonnecellen loopt.

**Opgave 42**

- a Dat een windmolenpark in zee wordt gebouwd leg je uit door de gemiddelde windsnelheid op zee te vergelijken met die op land.

Boven zeewater is de gemiddelde windsnelheid hoger dan boven het land.

Een grotere windsnelheid betekent een grotere energieopbrengst.

- b Het vermogen van de lucht bereken je met de gegeven formule.

De oppervlakte bereken je met de formule voor de oppervlakte van een cirkel.

De oppervlakte van de cirkel bereken je met de diameter.

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 60^2 = 2827 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{lucht}} \cdot A \cdot v^3$$

$$\rho_{\text{lucht}} = 1,293 \text{ kg m}^{-3} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$v = 43 \text{ km h}^{-1} = \frac{43}{3,6} = 11,94 \text{ m s}^{-1}$$

$$P = 0,5 \times 1,293 \times 2827 \times 11,94^3 = 3,111 \cdot 10^6 \text{ W}$$

Afgerond:  $P = 3,1 \cdot 10^6 \text{ W}$  (= 3,1 MW).

- c Het percentage vermogen dat door de lucht wordt afgegeven, bereken je met de verhouding tussen het vermogen voor en het vermogen na de windmolen.

Beredeneer dat het vermogen van de wind na de molen 27 keer zo klein is als voor de molen.

$$P_{\text{na}} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{lucht}} \cdot A \cdot v_{\text{na}}^3$$

De snelheid is na de windmolen drie keer zo klein.

Alle andere grootheden hebben dezelfde waarde.

Dus het vermogen na de windmolen is dan  $3^3 = 27$  keer zo klein.

$\frac{1}{27}$  deel komt overeen met 3,7%.

Er wordt dus afgerond 96% van het vermogen van de lucht afgegeven aan de windmolen.

- d Het aantal huishoudens bereken je met de verhouding tussen de geschatte energieopbrengst en de energie per huishouden.

$$N = \frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{huishouden}}}$$

$$E_{\text{totaal}} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ MJ} = 1,1 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

$$E_{\text{huishouden}} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ kWh} = 4,0 \cdot 10^3 \times 10^3 \times 3600 = 1,44 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$N = \frac{1,1 \cdot 10^{15}}{1,44 \cdot 10^{10}} = 76389$$

Afgerond:  $7,6 \cdot 10^4$  huishoudens.

- e Als er weinig wind is, wordt er onvoldoende energie (vermogen) geproduceerd.

Op piekuren van energieafname ('s avonds of in de winter) is er te weinig energie (vermogen) beschikbaar.

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 43**

Het rendement bereken je met de formule voor rendement.

Het  $P_{\text{in}}$  bereken je met de verlichtingssterkte en de oppervlakte van de zonnecel.

$$A_{\text{cel}} = \ell \cdot b$$

$$\ell = 6,8 \text{ cm} \quad (\text{opmeten in figuur 6.94 van het leerboek})$$

$$b = 1,2 \text{ cm} \quad (\text{opmeten in figuur 6.94 van het leerboek})$$

$$A_{\text{cel}} = 6,8 \times 1,2 = 8,16 \text{ cm}^2$$

$P_{\text{in}}$  = verlichtingssterkte  $\times$  oppervlakte van de cel

$$\text{verlichtingssterkte} = 12 \text{ W m}^{-2}$$

$$A_{\text{cel}} = 8,16 \text{ cm}^2 = 8,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P_{\text{in}} = 12 \times 8,16 \cdot 10^{-4} = 9,79 \cdot 10^{-1} \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

$$P_{\text{nuttig}} = 0,40 \text{ mW} = 0,40 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$\eta = \frac{0,40 \cdot 10^{-3}}{9,79 \cdot 10^{-1}} = 0,0408$$

Afgerond: 0,041 (4,1%).

**Opgave 44**

- a De hoeveelheid energie bereken je met de formule voor energie.  
 Het vermogen bereken je met de formule voor elektrisch vermogen.  
 De stroomsterkte bereken je met de formule voor de stroomsterkte.  
 De lading volgt uit de capaciteit.

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 2700 \text{ mAh}$$

Omdat  $[Q] = \text{mAh}$ , dan  $[I] = \text{mA}$  en  $[t] = \text{h}$ .

$$t = 2,0 \text{ jaar} = 2,0 \times 365 \times 24 = 1,752 \cdot 10^4 \text{ h}$$

$$2700 = I \times 1,752 \cdot 10^4$$

$$I = 1,54 \cdot 10^{-1} \text{ mA} = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

$$P = U \cdot I$$

$$U = 1,24 \text{ V}$$

$$P = 1,24 \times 1,54 \cdot 10^{-4}$$

$$P = 1,9096 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

$$E = P \cdot t$$

$$t = 2 \text{ jaar} = 2 \times 3,15 \cdot 10^7 = 6,30 \cdot 10^7 \text{ s} \quad (\text{zie BINAS tabel 5})$$

$$E = 1,9096 \cdot 10^{-4} \times 6,30 \cdot 10^7 = 1,203 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Afgerond:  $E = 1,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ .

- b De totale kosten bereken je uit de kosten voor 1 kWh en de kosten van het aantal batterijen dat nodig is om 1 kWh aan energie te kunnen leveren.  
 Het aantal batterijen bereken je uit de energie van 1 kWh en de energie opgeslagen in één batterij.

$$N = \frac{E_{\text{totaal}}}{E_{\text{batterij}}}$$

$$E_{\text{totaal}} = 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$E_{\text{batterij}} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\text{Er zijn dus } \frac{3,6 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^4} = 300 \text{ batterijen nodig om 1 kWh aan energie te kunnen leveren.}$$

Totale kosten zijn  $0,24 + 300 \times 2,50 = 750,24$  euro.

Afgerond:  $7,5 \cdot 10^2$  euro.

- c Beperking van de grondstoffen en/of het chemisch afval.

Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 45**

- a De totale kosten bereken je met de prijs van 1,0 kWh en de totale omgezette energie in 1 jaar.  
De totale omgezette energie in 1 jaar bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$E$  is de energie in kWh.

$$P = 149 \text{ W} = 0,149 \text{ kW}$$

$$t = 13 \text{ uur gedurende 52 weken} = 13 \times 52 = 676 \text{ h}$$

$$E = 0,149 \times 676 = 1,007 \cdot 10^2 \text{ kWh}$$

$$\text{Dit kost } 100,7 \times 0,24 = 24,16$$

Afgerond: € 24.

- b In de stand-bystand brandt een led. De tv wordt met een afstandsbediening aangezet.  
De ontvanger van dat signaal in de tv staat daarom altijd aan en gebruikt een klein beetje vermogen.
- c De hoeveelheid energie bereken je met de formule voor energie.

$$E = P \cdot t$$

$$P = 0,20 \text{ W}$$

$$t = 1 \text{ jaar} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \quad (\text{zie BINAS tabel 5})$$

$$E = 0,20 \times 3,15 \cdot 10^7 = 6,307 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } E = 6,3 \cdot 10^6 \text{ J} (= 6,3 \text{ MJ}).$$

**Opgave 46**

- a De massa van een volle tank met waterstof bereken je met de massa van 90 L samengeperste waterstof en de massa van de tank waarin die waterstof is opgeslagen.  
De massa van 90 L samengeperste waterstof bereken je met de formule voor dichtheid.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

De dichtheid van waterstof is  $0,090 \text{ kg m}^{-3}$ . (zie BINAS tabel 12)

Door samenpersen wordt de dichtheid 700 keer zo groot.

$$\text{Dus } \rho = 700 \times 0,090 = 63 \text{ kg m}^{-3}.$$

$$V = 90 \text{ L} = 90 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$63 = \frac{m}{90 \cdot 10^{-3}}$$

$$m = 5,67 \text{ kg voor de inhoud van de volle tank}$$

De tank zelf is echter 20 keer zo zwaar als de waterstof die erin gaat.

$$\text{De massa van lege tank is dus } 20 \times 5,67 = 1134 \text{ kg.}$$

$$\text{De massa van de gevulde tank is dan } 1134 + 5,67 = 1139,67 \text{ kg.}$$

$$\text{Afgerond: } 1,1 \times 10^2 \text{ kg.}$$

- b Het netto rendement bereken je uit de afzonderlijke rendementen.

$$0,75 \times 0,90 \times 0,60 = 0,405$$

$$\text{Afgerond: } 0,41.$$

Slechts 41% van de opgewekte elektrische energie is dus beschikbaar om mee te rijden, de rest gaat verloren.

## 6.7 Afsluiting

### Opgave 47

- a Gebruik bij het maken van je keuze het kenmerk van spanning in een serieschakeling.  
Voor een serieschakeling geldt dat de grootste spanning staat over de grootste weerstand.  
Als het strookje uitrekt, neemt  $R_1$  toe.

De spanning over AB **neemt toe** als het strookje uitrekt.

De spanning over BC **neemt af** als het strookje uitrekt.

De spanning over AC **blijft gelijk** als het strookje uitrekt.

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

Het vermogen is maximaal als de spanning en de stroomsterkte maximaal zijn.

De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

De stroomsterkte is zo groot mogelijk als de weerstand zo klein mogelijk is.

De keuze voor de weerstand bepaal je met het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

Voor de serieschakeling geldt  $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$ .

Dus de totale weerstand is het kleinst als je kiest voor de minimale waarde voor  $R_1$ .

$$R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 5,6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{\text{tot}} = 1,0 + 5,6 = 6,6 \text{ k}\Omega = 6,6 \cdot 10^3 \Omega$$

$$U_{\text{bron}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{bron}} = 12 \text{ V}$$

$$12 = I_{\text{tot}} \cdot 6,6 \cdot 10^3$$

$$I_{\text{tot}} = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{bron}} = 12 \times 1,818 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{bron}} = 2,18 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$

$$\text{Afgerond: } P_{\text{bron}} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ W.}$$

- c De tijd bereken je met de formule voor stroomsterkte.  
De lading volgt uit de capaciteit.  
De stroomsterkte bereken je met de formule voor het vermogen van elektrische stroom.

$$P = U \cdot I$$

$$P = 19 \text{ W}$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$19 = 12 \cdot I$$

$$I = 1,583 \text{ A}$$

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 2,0 \text{ Ah}$$

$$I = 1,583 \text{ A}$$

$$2,0 = 1,583 \cdot t$$

$$t = 1,26 \text{ uur}$$

$$\text{Afgerond: } t = 1,3 \text{ h.}$$

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

**Opgave 48**

- a De dikte van de draad bereken je met de doorsnede van de draad.  
De doorsnede van de draad bereken je met de formule voor soortelijke weerstand.

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

$$R = 0,16 \, \Omega$$

$$\ell = 7,1 \, \text{m}$$

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

$$17 \cdot 10^{-9} = \frac{0,16 \cdot A}{7,1}$$

$$A = 7,54 \cdot 10^{-7} \, \text{m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

$$7,54 \cdot 10^{-7} = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

$$d = 9,798 \cdot 10^{-4} \, \text{m}$$

$$\text{Afgerond: } 9,8 \cdot 10^{-4} \, \text{m} \quad (= 0,98 \, \text{mm}).$$

- b De stroomsterkte door het bovenste verwarmingselement bereken je met het kenmerk van stroom in een serieschakeling.  
De totale stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm toegepast op de gehele schakeling.  
De totale weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een parallelschakeling.

$$R_{\text{tot}} = 0,16 + 53,2 + 0,16 = 53,52 \, \Omega$$

$$U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}}$$

$$U_{\text{tot}} = 230 \, \text{V}$$

$$230 = I_{\text{tot}} \times 53,52$$

$$I_{\text{tot}} = 4,297 \, \text{A}$$

$$\text{Afgerond: } 4,30 \, \text{A}.$$

- c Het groter of kleiner worden van de stroomsterkte leg je uit met de wet van Ohm.  
De verandering van de weerstand van een metaal hangt samen met de eigenschappen van een PTC.

De weerstand van een metaal neemt toe als zijn temperatuur toeneemt.

Direct na het sluiten van  $S_1$  is de weerstand van het verwarmingselement dus kleiner.

Uit  $U = I \cdot R$  volgt dan: als de spanning gelijk blijft aan 230 V en de weerstand is kleiner, dan is de stroomsterkte groter.

- d De weerstand bereken je met het kenmerk van weerstand in een parallelschakeling.

De twee verwarmingselementen staan parallel.

$$\frac{1}{R_{\text{verwarming}}} = \frac{1}{53,2} + \frac{1}{53,2}$$

$$R_{\text{verwarming}} = 26,6 \, \Omega.$$

## Havo 4 Hoofdstuk 6 Uitwerkingen

- e Het percentage warmte bereken je uit de verhouding van de warmte die in de draad ontstaat en de totale hoeveelheid energie die in de kachel en de draden wordt omgezet. De verhouding in warmte is gelijk aan de verhouding in vermogen. Het vermogen bereken je met de formule voor elektrisch vermogen. De spanning bereken je met de wet van Ohm toegepast op draden of toegepast op de twee verwarmingselementen. De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm toegepast op de gehele schakeling.

$$\begin{aligned}U_{\text{tot}} &= I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}} \\U_{\text{tot}} &= 230 \text{ V} \\R_{\text{tot}} &= 0,16 + 26,6 + 0,16 = 26,92 \Omega \\230 &= I_{\text{tot}} \cdot 26,92 \\I_{\text{tot}} &= 8,544 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{\text{draad}} &= I_{\text{draad}} \cdot R_{\text{draad}} \\I_{\text{draad}} &= I_{\text{tot}} = 8,544 \text{ A} \\R_{\text{draad}} &= 0,16 + 0,16 = 0,32 \Omega \\U_{\text{draad}} &= 8,544 \times 0,32 = 2,734 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{draad}} &= U_{\text{draad}} \cdot I_{\text{draad}} \\P_{\text{draad}} &= 2,734 \times 8,544 = 23,36 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{\text{verw}} &= I_{\text{verw}} \cdot R_{\text{verw}} \\I_{\text{verw}} &= I_{\text{tot}} = 8,544 \text{ A} \\R_{\text{verw}} &= 26,6 \Omega \\U_{\text{verw}} &= 8,544 \times 26,6 = 227,3 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{verw}} &= U_{\text{verw}} \cdot I_{\text{verw}} \\P_{\text{verw}} &= 227,3 \times 8,544 = 1,942 \cdot 10^3 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\text{Percentage warmte in draad} = \frac{P_{\text{draad}}}{P_{\text{totaal}}} \times 100\%.$$

$$\text{Dus het percentage warmteproductie is } \frac{23,36}{1,942 \cdot 10^3 + 23,36} = 0,01188 \times 100\%.$$

Afgerond: 1,2%.