

6 Elektriciteit

VWO

6.1 Lading

- 1* a Een proton heeft een **positieve** lading.
b Een neutron heeft **geen** lading.
c Een elektron heeft een **negatieve** lading.
d Een atoom dat een elektron heeft afgestaan krijgt een **positieve** lading.
e Een atoom dat een elektron heeft opgenomen krijgt een **negatieve** lading.
- 2* a Twee positieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
b Twee negatieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
c Een positieve en een negatieve ladingen oefenen een **aantrekkende** kracht op elkaar uit.
- 3* a Het symbool voor (elektrische) kracht is **F**
b Kracht wordt uitgedrukt in **newton (N)**
- 4* a Het symbool voor elektrische lading is **Q**
b Elektrische lading wordt uitgedrukt in **coulomb (C)**
- 5* a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
• door de wrijving springen er elektronen over van de staaf naar de doek

b Waaraan merk je of een voorwerp een elektrische lading heeft?
• een geladen voorwerp vertoont aantrekkende en afstotende krachten
• zonder lading zijn deze krachten er niet
- 6* a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
• door wrijving wordt de ballon opgeladen (bijvoorbeeld positief)
• waar de ballon het plafond raakt bevindt zich een overschot aan tegenovergestelde lading (bijvoorbeeld negatief)
• positieve en negatieve lading trekken elkaar aan

- b** Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
- de ballon raakt via de lucht zijn lading kwijt
 - als de elektrische kracht kleiner is dan de zwaartekracht valt de ballon naar beneden

7**

- a** Leg uit of er een overschot of een tekort aan elektronen is.
- positieve lading → een tekort aan elektronen
- b** Hoeveel elektronen zijn er te veel of te weinig?
- lading van 1 elektron $e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 - aantal elektronen $\frac{1}{1,60218 \cdot 10^{-19}} = 6,2415 \cdot 10^{18} = 6,2 \cdot 10^{18}$
- c** Hoe groot is de massa op van een elektron?
- rustmassa elektron $m_e = 9,10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- d** Bereken de massaverandering van de bol ten gevolge van de lading.
- massaverandering $6,2415 \cdot 10^{18} \cdot 9,10939 \cdot 10^{-31} = 5,68562 \cdot 10^{-12} = 5,7 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$
- e** Bereken hoeveel procent de massa van de ballon bij het opladen is veranderd.
- $m = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad | \quad \Delta m = 5,68562 \cdot 10^{-12} \text{ kg} \quad |$
 - procent verandering $\frac{\Delta m}{m} = \frac{5,68562 \cdot 10^{-12}}{1,0 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 5,68562 \cdot 10^{-7} = 5,7 \cdot 10^{-7} \%$

8**

- a** Een vliegtuig dat net is geland kan elektrisch geladen zijn.
- waar
 - door wrijving met de lucht kan er lading ontstaan op een vliegtuig
- b** Er zijn drie soorten lading.
- niet waar
 - er zijn twee soorten lading: positief en negatief
- c** In een neutraal voorwerp zit geen lading.
- niet waar
 - een neutraal voorwerp bevat evenveel positieve als negatieve lading
- d** In een geladen voorwerp zit altijd meer positieve dan negatieve lading.
- niet waar
 - een geladen voorwerp kan ook een overschot aan elektronen (negatieve lading) hebben
- e** Als je elektrische lading aanraakt ga je dood.
- niet waar
 - alleen als de lading heel groot is (zoals bij een bliksem) ga je dood

- f** Op iedere moment van de dag vallen er geladen deeltjes die van de zon komen op aarde.
- waar
 - de zon zendt geladen deeltjes, zoals protonen, elektronen en ionen, uit naar de aarde

9**

- a** Verklaar dit.
- bij het uittrekken wrijven je trui en je haren over elkaar
 - hierdoor kunnen je trui en je haren worden opgeladen
- b** Waaraan kun je merken dat je haren geladen zijn?
- ze gaan recht overeind staan

10**

- a** Leg uit waardoor deze lading ontstaat.
- de wind (lucht) en de wolken wrijven over elkaar
 - de lucht en de wolken worden opgeladen
- b** Leg uit wat er bij bliksem gebeurt.
- er springen elektronen over van de wolk naar de aarde (of andersom)
- c** Leg uit of bij een positief geladen wolk de elektronen van de wolk naar de aarde springen of andersom.
- bij een positief geladen wolk springen er elektronen van de aarde naar de wolk

11**

- a** Leg uit wat er aan de hand is.
- bij het lopen hebben je schoenen en de vloer over elkaar gewreven
 - door deze wrijving heb je een elektrische lading gekregen
 - raak je een metalen deurklink aan dan stroomt deze lading weg
 - het snel wegstromen van lading voel je als een schok

12**

- a** Teken de lading in de knop.
- elektronen worden door de positieve staaf aangetrokken
 - elektronen stromen naar de knop
 - de knop krijgt een negatieve lading
- b** Teken de lading in de blaadjes.
- de extra elektronen in de knop zijn onttrokken aan de blaadjes
 - de blaadjes krijgen een positieve lading
- c** Verklaar waarom de blaadjes uit elkaar gaan staan.
- de twee blaadjes hebben dezelfde (positieve) lading
 - vanwege deze gelijke lading stoten ze elkaar af

- d** Leg wat er gebeurt als je de staaf weghaalt.
- elektronen worden niet langer door de staaf aangetrokken
 - elektronen stromen terug naar de blaadjes
 - de blaadjes worden neutraal en stoten elkaar niet meer af
- e** Leg uit wat er gebeurt als je de knop met een positief geladen staaf aanraakt.
- er springen elektronen van de knop naar de staaf
 - de blaadjes krijgen een positieve lading en stoten elkaar af
 - als je de staaf weghaalt blijven de blaadjes positief geladen en blijven elkaar afstoten

13**

- a** Leg uit hoe de elektrische lading op het bakje ontstaat, door toevoer van negatieve lading of door afvoer van positieve lading.
- de elektrische lading ontstaat door toevoer van elektronen
 - elektronen zijn negatief geladen → toevoer van negatieve lading
- b** Leg uit waarom ze dit doen.
- de balletjes krijgen een negatieve lading en stoten elkaar af
 - ze gaan verder van elkaar vandaan
- c** Leg uit waarom ze dit doen.
- de balletjes én het bakje hebben een negatieve lading en stoten elkaar af
 - als de afstotende kracht groot genoeg is springen de balletjes omhoog

14**

- a** Leg uit hoe een Van de Graaff generator werkt.
- een rubberen band wrijft aan de onderkant over een plastic rol
 - hierdoor komt er lading op de band
 - door de draaiende band wordt de lading naar de bol gebracht
 - bij de bol springt de lading van de band naar de bol
 - de bol wordt hierdoor geladen
- b** Leg uit waarom zo'n mat nodig is.
- zonder zo'n mat stroomt de lading weg naar de aarde
 - je wordt onvoldoende opgeladen
 - de afstotende kracht is niet groot genoeg om je haren overeind te duwen

6.2 Spanning en stroomsterkte

- 1***
- a** Geef de formule voor de elektrische energie.
- $E_{el} = Q \cdot U$
- b** Bereken hoeveel spanning er tussen A en B staat.
- $E_{el} = Q \cdot U \rightarrow 5 = 1 \cdot U \rightarrow U = 5,0 \text{ V}$
- c** Bereken hoeveel energie het kost om 2,0 coulomb van A naar B te brengen.
- $U = 5,0 \text{ V} \mid Q = 2,0 \text{ C} \mid E_{el} = \dots \text{ J}$
 - $E_{el} = Q \cdot U \rightarrow E_{el} = 2 \cdot 5 \rightarrow E_{el} = 10 \text{ J}$
 - je gaat twee keer 1 coulomb verplaatsen en dat kost dus twee keer $5 \text{ J} = 10 \text{ J}$
- 2****
- a** Bereken hoeveel arbeid je moet verrichten om een lading van 5,0 coulomb van A naar B te verplaatsen.
- $E_{el} = 24 \text{ J} \mid Q = 2,0 \text{ C} \mid U = \dots \text{ V}$
 - $E_{el} = Q \cdot U \rightarrow 24 = 2 \cdot U \rightarrow U = 12 \text{ V}$
 - 5 coulomb lading $\rightarrow E_{el} = 5 \cdot 12 \rightarrow E_{el} = 60 \text{ J} \rightarrow$ je moet 60 J arbeid verrichten
- b** Leg uit wat er met recht evenredig wordt bedoeld.
- recht evenredig: als de verplaatste lading x keer groter wordt dan wordt de elektrische energie ook x keer groter
 - de grafiek is een rechte lijn door de oorsprong (vandaar recht evenredig)
- c** Leg uit waarom de elektrische energie recht evenredig is met de hoeveelheid verplaatste lading.
- stel dat je x coulomb lading moet verplaatsen dan kun je dat in één keer doen, maar je kunt ook x keer 1 coulomb verplaatsen
 - het mag niet uitmaken welke manier je gebruikt, de energie is hetzelfde
 - als de verplaatste lading x keer groter wordt zal de elektrische energie ook x keer groter worden
- 3****
- a** Bereken de spanning tussen A en B.
- $E_{el} = 0,50 \text{ J} \mid Q = 0,20 \text{ C} \mid U = \dots \text{ V}$
 - $E_{el} = Q \cdot U \rightarrow 0,5 = 0,2 \cdot U \rightarrow U = 2,5 \text{ V}$
- b** Leg uit of plaats A positief of negatief is ten opzichte van B.
- de verplaatsing kost energie
 - B stoot de positieve lading af en is dus zelf ook is positief geladen
 - A is negatief ten opzichte van B

4**

a Hoeveel lading er dan van de + naar de – pool gestroomd?

- $E_{el} = 6000 \text{ J} \quad | \quad U = 1,5 \text{ V} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $E_{el} = Q \cdot U$
- $6000 = Q \cdot 1,5 \rightarrow Q = 4000 \text{ C}$

b Hoe groot is de spanning waarop het lampje brandt?

- elke batterij geeft 1,5 volt
- 4 batterijen in serie geschakeld geeft 4 keer 1,5 = 6,0 volt

c Bereken hoeveel lading er door het lampje is gestroomd, als de batterijen samen 6000 J aan elektrische energie hebben geleverd.

- $E_{el} = 6000 \text{ J} \quad | \quad U = 4 \cdot 1,5 = 6,0 \text{ V} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $E_{el} = Q \cdot U$
- $6000 = Q \cdot 6 \rightarrow Q = 1000 \text{ C}$

5**

a Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.

- $E_{el} = 20 \text{ J} \quad | \quad U = 100.000 \text{ V} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $E_{el} = Q \cdot U$
- $20 = Q \cdot 100.000 \rightarrow Q = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

b Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.

- ieder elektron heeft $1,6022 \cdot 10^{-19}$
- aantal elektronen: $n = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{1,6022 \cdot 10^{-19}} \rightarrow n = 1,248 \cdot 10^{15} \text{ elektronen}$

6*

a Teken het symbool van een spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.

- lang slank en kort dik streepje naast elkaar
- lang slank is positief | kort dik is negatief

b Teken het symbool van een variabele spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.

- hetzelfde als een spanningsbron maar met een schuine pijl er doorheen

7*

a Leg uit wat een condensator is en wat je met een condensator kunt doen.

- twee platen vlak boven elkaar met ertussen een isolerende stof
- in een condensator kan elektrische energie worden opgeslagen

- b** Leg uit waarom er tussen de platen van een condensator een isolerende stof moet zitten.
- anders stroomt de lading binnendoor tussen de platen en verliezen de platen hun lading
- zonder isolerende stof stroomt de opgeslagen elektrische energie weg

8*

- a** Leg uit wat elektrische stroom is.
 - elektrische stroom is het bewegen (verplaatsen) van lading
- b** Leg uit in welke richting de stroom loopt, van min naar plus of andersom.
 - de afspraak is dat stroom van plus naar min gaat
- c** Leg uit in welke richting de elektronen bewegen, van min naar plus of andersom.
 - omdat elektronen negatief geladen zijn gaan ze van min naar plus

9*

- a** Leg uit wat een elektrische geleider is.
 - een elektrische geleider is een stof waarin elektronen tussen de atomen door kunnen bewegen
- b** Noem drie stoffen die elektriciteit goed kunnen geleiden.
 - alle metalen (ijzer, koper, aluminium, goud, kwik,...)
 - grafiet (in houtskool en in een potlood)
 - sommige kunststoffen
 - water met opgelost zout (*hierin bewegen ionen, niet elektronen*)
- c** Leg uit wat een elektrische isolator is.
 - een elektrische isolator is een stof waarin elektronen niet tussen de atomen door kunnen bewegen
 - de elektronen trillen wel maar verplaatsen niet
- d** Noem drie stoffen die elektriciteit niet goed kunnen geleiden.
 - glas, keramiek, steen
 - de meeste kunststoffen
 - rubber

6.3 Stroomkring

1**

- a** Geef in de figuur met pijltjes de richting van de stroom aan. Geef uitleg.
- de stroom gaat van plus naar min door het lampje
- b** Geef in de figuur met een andere kleur de richting aan waarin de elektronen bewegen. Leg je antwoord uit.
- de elektronen bewegen de andere kant uit → van min naar plus door het lampje
- c** Leg uit waarom een stroom die de hele tijd blijft lopen alleen mogelijk is als de elektronen in een kring rondgaan.
- elektronen kunnen niet worden gemaakt en kunnen niet verdwijnen
 - als je een voorraad elektronen aanlegt zal de stroom ooit stoppen (net als bij een zandloper)
 - wil je dat de stroom nooit stopt dan moeten de elektronen in een kring rondgaan
- d** Leg uit of de elektronen binnen in de spanningsbron van plus naar min bewegen of van min naar plus.
- binnen in de spanningsbron gaat de stroom van min naar plus en de elektronen van plus naar min
 - in de spanningsbron krijgen de elektronen weer nieuwe energie, waarmee ze een nieuwe ronde kunnen afleggen

2**

- a** Leg uit in welke van de vier schakelingen het lampje brandt.
- bij de schakelingen rechtsboven wordt de stroomkring gesloten
 - alleen bij deze schakelingen gaat het lampje branden
(bij de schakelingen rechtsboven en rechtsonder brandt het lampje ook als de schakelaar open staat)
- b** In welke schakelingen is de spanningsbron verkeerd aangesloten?
- bij de schakeling linksonder is de spanningsbron verkeerd aangesloten
- c** In welke schakelingen is de schakelaar verkeerd aangesloten?
- bij de schakeling rechtsboven is de schakelaar verkeerd aangesloten
- d** In welke schakelingen werkt de schakelaar niet?
- bij de schakelingen rechtsboven en rechtsonder blijft de stroomkring gesloten ook als de schakelaar open staat
 - bij deze schakelingen werkt de schakelaar niet
 - omdat bij de schakeling linksonder de spanningsbron verkeerd is aangesloten werkt deze schakelaar ook niet want de stroomkring wordt nooit gesloten

3** a Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

Schema A

- 1 open + 2 open: lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 open + 2 dicht: lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 dicht + 2 open: lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 dicht + 2 dicht: lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **dicht** is.

Schema B

- 1 open + 2 open: lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 open + 2 dicht: lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **dicht** is.
1 dicht + 2 open: lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **dicht** is.
1 dicht + 2 dicht: lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **dicht** is.

b Wat is het voordeel van schakeling A ten opzichte van een schakeling met maar één schakelaar?

- een onveilig apparaat mag alleen gaan werken als er twee schakelaars dicht worden gezet
- de tweede schakelaar dient als veiligheid

c Wat is het nadeel van schakeling B?

- als één schakelaar dicht staat kun je het licht met de andere schakelaar niet meer uitzetten

4** a Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

Schema A

- 1 omhoog + 2 omhoog: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.
1 omhoog + 2 omlaag: Lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 omlaag + 2 omhoog: Lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 omlaag + 2 omlaag: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

Schema B

- 1 omhoog + 2 omhoog: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.
1 omhoog + 2 omlaag: Lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 omlaag + 2 omhoog: Lamp brandt **niet** omdat de stroomkring **open** is.
1 omlaag + 2 omlaag: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

b Weet je een plaats in je huis waar zo'n schakeling wordt gebruikt?

- bijvoorbeeld bij een lamp in het trappenhuis waar zich onderaan en bovenaan een schakelaar bevindt
- met beide schakelaars kun je de lamp aan- of uitdoen

5*** Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

- | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| S1 omhoog + S2 omhoog: | L1 brandt wel | L2 brandt wel |
| S1 omhoog + S2 omlaag: | L1 brandt niet | L2 brandt niet |
| S1 omlaag + S2 omhoog: | L1 brandt niet | L2 brandt niet |
| S1 omlaag + S2 omlaag: | L1 brandt wel | L2 brandt niet |

6** Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

S1 open + S2 open:	L1 brandt niet	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 open + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 open:	L1 brandt niet	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt wel

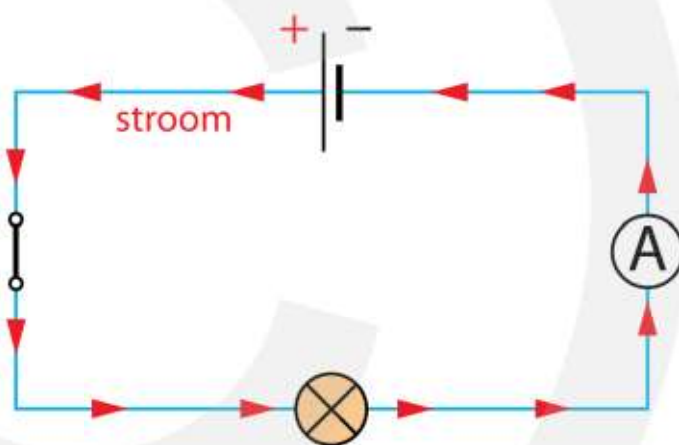
7** Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

S1 open + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 open + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt wel

8** a Maak een tekening van een stroomkring met daarin een spanningsbron, een lampje en een ampèremeter.

b Geef de plus en de min aan bij de spanningsbron en geef met pijltjes aan hoe de stroom loopt.

c Neem een schakelaar in je tekening op waarmee je het lampje aan en uit kunt schakelen.



9** a Wie heeft er gelijk, Jan, Bart, beiden of geen van beiden. Leg je antwoord uit.

- de stroom die uit de spanningsbron komt is even groot als de stroom die in de spanningsbron terugkomt
- het maakt niet uit of de ampèremeter voor of achter het lampje staat
- beiden hebben gelijk

b Hoe groot zal dan de stroomsterkte in de stroomkring zijn?

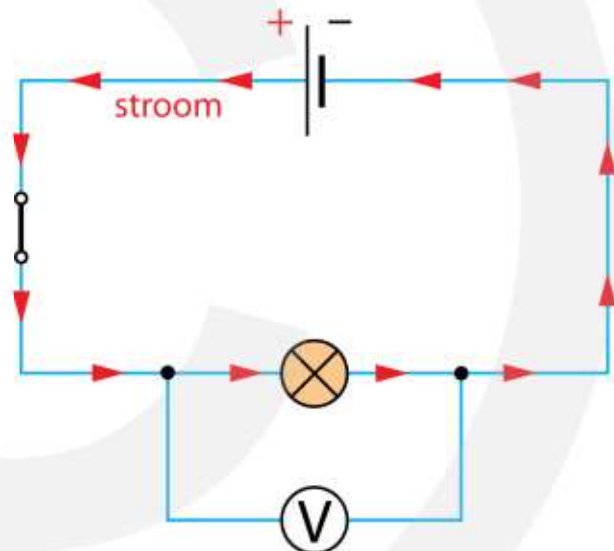
- de stroomkring is niet meer gesloten
- de stroomsterkte is nul

c Welke waarde lees je af bij de ampèremeter in de linker figuur en welke in de rechter figuur?

- de ampèremeter geeft in beide gevallen nul ampère

- 10****
- a** Wie heeft er gelijk, Jan, Bart, beiden of geen van beiden. Leg je antwoord uit.
- de spanning die over het lampje staat is even groot als de spanning die de spanningsbron geeft
 - het maakt niet uit of de voltmeter over het lampje of over de spanningsbron staat
 - beiden hebben gelijk
- b** Teken in de linker figuur en in de rechter figuur de stroom door de kring.
- er gaat geen stroom door de voltmeter
 - alle stroom gaat door het lampje
- c** Op zeker moment brandt het lampje door, waardoor de weerstand oneindig groot wordt. Leg uit of de spanning die over het lampje staat hierdoor verandert.
- de spanning wordt gemaakt in de spanningsbron
 - als het lampje doorbrandt verandert de spanning over het lampje niet

- 11****
- a** Maak een tekening van een stroomkring met daarin een spanningsbron, een lampje en een voltmeter die de spanning over het lampje meet.
- b** Geef de plus en de min aan bij de spanningsbron en geef met pijltjes aan hoe de stroom loopt.
- c** Teken een schakelaar in de stroomkring waarmee je het lampje aan en uit kunt schakelen.



- 12*****
- a** Bereken wat de stroommeter aangeeft.
- er gaat geen stroom door de voltmeter
 - de ampèremeter geeft nul ampère aan
- b** De ampèremeter wordt uit de stroomkring verwijderd. Leg uit of hierdoor de voltmeter 6 volt, meer dan 6 volt of minder dan 6 volt zal aangeven.
- de ampèremeter heeft een oneindig kleine weerstand
 - het kost elektronen geen energie om door de ampèremeter te gaan
 - de voltmeter blijft 6 volt aangeven
- 13*****
- a** Bereken wat voltmeter V_1 aangeeft.
- de ampèremeter heeft een oneindig kleine weerstand
 - het kost elektronen geen energie om door de ampèremeter te gaan
 - de voltmeter V_1 geeft 12 volt aan

- b** Beredeneer wat voltmeter V_2 aangeeft.
- de ampèremeter heeft een oneindig kleine weerstand
 - het kost elektronen geen energie om door de ampèremeter te gaan
 - voltmeter V_2 geeft nul volt aan
- c** Voltmeter V_2 wordt verwijderd. Beredeneer of de waarde van V_1 hierdoor verandert.
- voltmeter V_2 heeft geen functie
 - de waarde van V_1 verandert niet als V_2 wordt verwijderd
- d** Voltmeter V_1 wordt verwijderd. Beredeneer of de waarde van A hierdoor verandert.
- de voltmeter heeft een oneindig grote weerstand
 - er gaat geen stroom door voltmeter V_1
 - de waarde van A verandert niet

14 ***

- a** Door een lampje gaat een stroom van 0,25 A. Bereken hoeveel lading er per seconde door het lampje stroomt.
- $1 \text{ A} = 1 \text{ coulomb lading per seconde}$
 - $0,25 \text{ A} = 0,25 \text{ coulomb lading per seconde}$
- b** Het apparaat het lampje brandt een jaar lang continu. Bereken de lading die in één jaar door het lampje gaat.
- iedere seconde gaat er 0,25 C lading door het lampje
 - een jaar heeft $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31.536.000$ seconden
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 0,25 = \frac{Q}{31.536.000} \rightarrow Q = 7.884.000 \text{ C}$

15 ****

- a** Bij welke grootheid hoort de eenheid A·h? Leg je antwoord uit.
- A) spanning B) stroomsterkte **C) lading** D) energie.
- bij de eenheid A·h vermenigvuldig je de stroomsterkte (A) met de tijd (h)
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
 - stroomsterkte vermenigvuldigd met tijd geeft lading
 - de eenheid A·h hoort bij de grootheid lading
- b** Hoeveelheid lading kan een volle batterij leveren?
- de batterij kan 1 uur lang 2,0 A leveren
 - 1 uur = 3600 seconden
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
 - $Q = 2 \cdot 3600 = 7200 \text{ coulomb}$

- c Een klok kan een jaar lopen voordat de batterij moet worden opgeladen. Bereken de stroomsterkte door de klok.
- een jaar heeft $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31.536.000$ seconden
 - $Q = 7200 \text{ C}$ | $t = 31.536.000 \text{ s}$ | $I = \dots \text{ A}$
 - $I = \frac{Q}{t}$
 - $I = \frac{7200}{31536000} = 0,0002283 \text{ A}$ ($2,283 \cdot 10^{-4} \text{ A}$)

- 16**** a Leg uit of de stroomsterkte toeneemt of afneemt in de tijd.
- per seconde neemt de lading steeds minder snel toe
 - de stroomsterkte neemt af in de tijd

- 17**** a Leg uit of de lading toeneemt of afneemt in de tijd.
- gedurende de hele tijd loopt er stroom
 - de lading neemt toe
- b Hoeveel lading is er gepasseerd op $t = 8,0 \text{ s}$?
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
 - $Q = 0,65 \cdot 8 = 5,2 \text{ C}$

6.4 Weerstand

- 1****
- a** Schrijf de wet van Ohm op in je eigen woorden.
- de weerstand is gelijk aan de spanning gedeeld door de stroomsterkte
- b** Wie heeft er volgens jou gelijk, Karin, Mark of geen van beiden.
- Karin heeft **niet** gelijk omdat de stroomsterkte afhangt van de spanning
 - Mark heeft **niet** gelijk omdat de stroomsterkte afhangt van de spanning
- 2****
- a** Bereken de weerstand.
- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,20 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R$
 - $5 = 0,2 \cdot R \rightarrow R = 25 \Omega$
- b** De spanning wordt verhoogd naar 12 volt. Bereken de stroomsterkte door de weerstand.
- $U = 12 \text{ V} \quad | \quad R = 25 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
 - $U = I \cdot R$
 - $12 = I \cdot 25 \rightarrow I = 0,48 \text{ A}$
- c** Je wilt dat er een stroomsterkte van 0,35 A door de weerstand gaat. Bereken hoeveel spanning je hiervoor moet aanleggen.
- $I = 0,35 \text{ A} \quad | \quad R = 25 \Omega \quad | \quad U = \dots \text{ V}$
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 0,35 \cdot 25 \rightarrow U = 8,75 \text{ V}$
- 3****
- a** Leg uit of deze weerstand aan de wet van Ohm voldoet.
- de grafiek is een rechte lijn door de oorsprong
 - de weerstand voldoet aan de wet van Ohm
- b** Bepaal de waarde van de weerstand.
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
 - $R = \frac{8}{1} = 8,0 \Omega$
- c** Lees de stroomsterkte af bij een spanning van 5,0 V.
- aflezen 0,62 A (marge 0,2 A)

- d** Bereken de stroomsterkte bij een spanning van 5,0 V en controleer of dit overeenkomt met je antwoord op vraag c.
- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad R = 8,0 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
 - $U = I \cdot R$
 - $5 = I \cdot 8 \rightarrow I = 0,625 \text{ A} \rightarrow$ komt overeen met vraag c
- e** Leg uit of Inge gelijk heeft.
- stel dat bij 5,0 V de stroomsterkte 1,0 is dan is de weerstand 5,0 Ω
 - een steilere grafiek geeft een kleinere weerstand $\rightarrow$ Inge heeft geen gelijk

4**

- a** Leg uit of deze weerstand aan de wet van Ohm voldoet.
- het is een rechte lijn maar gaat niet door de oorsprong
 - de weerstand voldoet niet aan de wet van Ohm
- b** Leg uit of er een apparaat kan bestaan met zo'n (I, U)-diagram.
- bij een spanning van 0 volt loopt er toch stroom
 - dit is onmogelijk, omdat stroom alleen loopt als er een spanning is

5**

- a** Welke weerstand het grootst R_1 of R_2 ? Leg je antwoord uit.
- bij $U = 8$ volt loopt er bij R_1 meer stroom dan bij R_2
 - R_1 is een kleinere weerstand dan R_2
(stroom gaat makkelijker door R_1 dan door R_2)
- b** Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 2,0 \text{ V}$
- $U = 4,0 \text{ V} \quad | \quad I_1 = 0,50 \text{ A} \quad | \quad I_2 = 0,20 \text{ A} \quad | \quad R_1 = \dots \Omega \quad | \quad R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{4}{0,5} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_2} \rightarrow R_2 = \frac{4}{0,2} = 20 \Omega$
- c** Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 8,0 \text{ V}$
- $U = 8,0 \text{ V} \quad | \quad I_1 = 1,0 \text{ A} \quad | \quad I_2 = 0,40 \text{ A} \quad | \quad R_1 = \dots \Omega \quad | \quad R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{8}{1} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_2} \rightarrow R_2 = \frac{8}{0,4} = 20 \Omega$
- d** Door R_1 gaat een stroomsterkte van 1,2 A. Bereken de spanning over R_1 .
- $I = 1,2 \text{ A} \quad | \quad R_1 = 8,0 \Omega \quad | \quad U_1 = \dots \text{ V}$
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 1,2 \cdot 8 \rightarrow U = 9,6 \text{ V}$

- e Over R_2 staat een spanning van 25 V. Bereken de stroomsterkte door R_2 .
 - $U_2 = 25 \text{ V} \quad | \quad R_2 = 20 \, \Omega \quad | \quad I_2 = \dots \text{ A}$
 - $U = I \cdot R$
 - $25 = I \cdot 20 \rightarrow I = 1,25 \text{ A}$

6**

- a Leg uit of de weerstand van de lamp aan de wet van Ohm voldoet.
 - de grafiek is geen rechte lijn
 - de weerstand voldoet dus niet aan de wet van Ohm
(want de grafiek moet een rechte lijn door de oorsprong zijn)
- b Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 1,0 \text{ V}$
 - $U = 1,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,39 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \, \Omega$
 - $U = I \cdot R$
 - $1 = 0,39 \cdot R \rightarrow R = 2,6 \, \Omega$
- c Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 5,0 \text{ V}$
 - $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,88 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \, \Omega$
 - $U = I \cdot R$
 - $5 = 0,88 \cdot R \rightarrow R = 5,7 \, \Omega$
- d Leg uit hoe je aan de (I, U) -grafiek kunt zien of de weerstand toeneemt of afneemt.
 - als de spanning toeneemt neemt de stroomsterkte minder snel toe
 - het wordt steeds moeilijker om de stroom door de weerstand te laten gaan
 - de weerstand neemt toe
- e Waarom verandert de weerstand als er meer stroom doorheen gaat?
 - het draadje in de lamp krijgt een hoge temperatuur
 - de atomen gaan harder trillen
 - het wordt moeilijker voor de elektronen om door het draadje te bewegen

7***

- a Aan de grafieken kun je zien dat L_1 de grootste weerstand heeft. Leg uit waaraan je dit kunt zien.
 - bij $U = 8 \text{ volt}$ loopt er bij L_2 meer stroom dan bij L_1
 - L_2 heeft een lagere weerstand dan L_1
(stroom gaat makkelijker door L_2 dan door L_1)
- b Bepaal de stroomsterkte door L_1 en door L_2 (aflezen).
 - aflezen $L_1 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,65 \text{ A}$
 - aflezen $L_2 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,95 \text{ A}$
- c Wie heeft er gelijk: Chiara, Peter of geen van beiden?
 - aflezen bij 3 volt: $L_1 = 0,45 \text{ A}$ en $L_2 = 0,70 \text{ A}$
 - Chiara heeft **niet** gelijk $\rightarrow 0,45$ is niet de helft van $0,65$ en $0,7$ is niet de helft van $0,95$

- Peter heeft **niet** gelijk omdat: $\rightarrow 0,45$ is niet het dubbele van $0,64$ en $0,7$ is niet het dubbele van $0,93$
 - beiden hebben geen gelijk, maar Chiara zit dichterbij de buurt dan Peter
- d** Welke lamp brandt het felst?
- de hoeveelheid lading per seconde is de stroomsterkte
 - bij dezelfde spanning gaat door L_2 meer stroomsterkte dan door L_1
 - L_2 brandt het felst

De weerstand van een draad

8*

a Zoek de soortelijke weerstand op van aluminium en van koper.

- aluminium: $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$
- koper: $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$

b Leg uit welk materiaal de beste geleider is, aluminium of koper.

- koper heeft een kleinere soortelijke weerstand dan aluminium
- stroom gaat gemakkelijker door koper dan door aluminium
- koper is een betere geleider

9*

a Ben je het met Demi eens?

- de soortelijke weerstand is een eigenschap van de stof waarvan de draad is gemaakt (ijzer)
- de soortelijke weerstand verandert niet als de lengte of de dikte van de draad verandert
- Demi heeft geen gelijk

10***

a Bereken de diameter van de kabel.

- doorsnede $1,0 \text{ cm}^2 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2$
- $1,0 \cdot 10^{-4} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 5,642 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

b Bereken de diameter van de kabel.

- diameter: $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 1,128 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

c Bereken de weerstand van de kabel.

- $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \mid A = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \mid \ell = 100.000 \text{ m} \mid R = \dots \Omega$
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$
- $R = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{100.000}{1,0 \cdot 10^{-4}} \rightarrow R = 27 \Omega$

d Bereken de spanning over de kabel.

- $I = 200 \text{ A} \quad | \quad R = 27 \, \Omega \quad | \quad U = \dots \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow U = 200 \cdot 27 = 5400 \text{ V}$

11***

a Bereken de weerstand van het draadje.

- $U = 2,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,20 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \, \Omega$
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
- $R = \frac{2}{0,2} \rightarrow R = 10 \, \Omega$

b Bereken de oppervlakte van de doorsnede van het wolfram draadje.

- $R = 10 \, \Omega \quad | \quad \ell = 0,15 \text{ m} \quad | \quad A = \dots \text{ m}^2$
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho_{\text{wolfram}} = 55 \cdot 10^{-9} \, \Omega \text{ m}$
- $10 = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,15}{A} \rightarrow A = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,15}{10} = 8,25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$

c Bereken de straal van het draadje.

- $A = \pi \cdot r^2$
- $8,25 \cdot 10^{-10} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{8,25 \cdot 10^{-10}}{\pi}}$
- $r = 1,62 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (= 16,2 \, \mu\text{m})$

d Bereken de diameter van het draadje.

- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2 \cdot 1,62 \cdot 10^{-5} = 3,24 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

12***

a Waarom is de soortelijke weerstand bij 10 volt groter dan bij 2 volt?

- bij 10 volt is de temperatuur van het gloeidraadje hoger dan bij 2 volt
- bij 10 volt trillen de atomen harder $\rightarrow$ verplaatsen van elektronen wordt moeilijker
- de soortelijke weerstand van wolfram is bij 10 volt groter dan bij 2 volt

b Bereken de stroomsterkte door de lamp bij $U = 10 \text{ V}$.

- bij 2 volt is de weerstand $R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{2}{0,2} = 10 \, \Omega$
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$
- ρ wordt twee keer zo groot ℓ en A veranderen niet
- bij 10 volt wordt de weerstand $2 \cdot 10 = 20 \, \Omega$
- $U = 10 \text{ V} \quad | \quad R = 20 \, \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$

- $U = I \cdot R$
- $10 = I \cdot 20 \rightarrow I = 0,50 \text{ A}$

c Bereken hoeveel lading er in een uur door de lamp gaat als hij op 10 volt brandt.

- $I = 0,50 \text{ A} \mid t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \mid Q = \dots \text{ C}$

- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$

- $Q = 0,5 \cdot 3600 = 1800 \text{ C}$

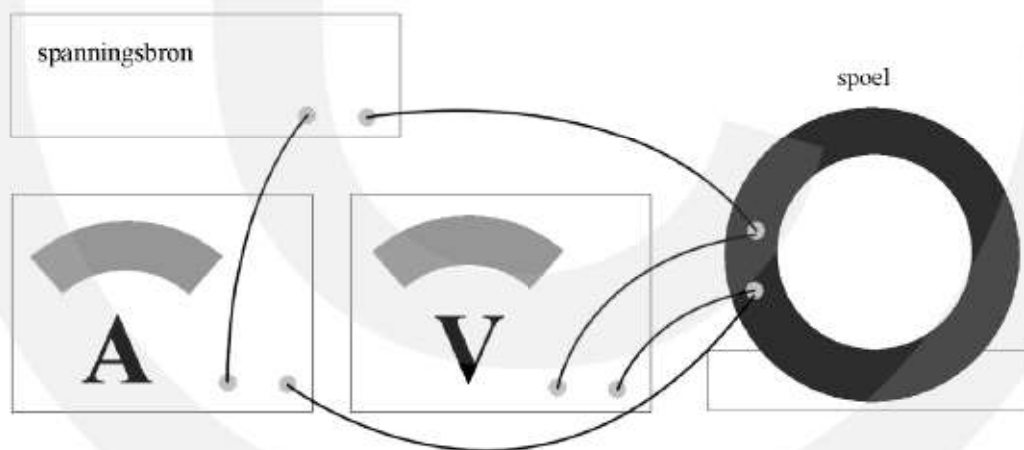
d Bereken hoeveel elektrische energie er in een uur door de lamp wordt gebruikt als hij op 10 volt brandt.

- $E_{\text{el}} = Q \cdot U$

- $E_{\text{el}} = 1800 \cdot 10 = 18.000 \text{ J}$

13*** Spoel van koperdraad

a Teken in onderstaande figuur de verbindingssnoeren zodat een schakeling ontstaat om de weerstand van de draad te bepalen.



b Bereken de lengte van de koperdraad.

- $U = 0,46 \text{ V} \mid I = 0,18 \text{ A} \mid R = \dots \Omega$

- $R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{0,46}{0,18} = 2,5556 \Omega$

- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$

- $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 0,60 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

- $A = 1,131 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

- $2,5556 = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\ell}{1,131 \cdot 10^{-6}}$

- $\ell = 1,7 \cdot 10^2 \text{ m}$

14 ******a** Bereken de diameter van de draad.

- $R = 70 \, \Omega \quad | \quad \rho_{\text{wolfram}} = 55 \cdot 10^{-9} \, \Omega \text{m} \quad | \quad \ell = 0,45 \, \text{m} \quad | \quad A = \dots \text{m}^2$

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

- $70 = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,45}{A} \rightarrow A = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,45}{70} = 3,5357 \cdot 10^{-10} \, \text{m}^2$

- $A = \pi \cdot r^2$

- $3,5357 \cdot 10^{-10} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,06087 \cdot 10^{-5} \, \text{m}$

- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2 \cdot 1,06087 \cdot 10^{-5} = 2,1217 \cdot 10^{-5} = 2,1 \cdot 10^{-5} \, \text{m} \quad (21 \, \mu\text{m})$

b Bereken met behulp van deze gegevens de temperatuur van de gloeidraad in de lamp als hij is aangesloten op een spanning van 230 V.

- $P = 60 \, \text{W} \quad | \quad U = 230 \, \text{V} \quad | \quad I = \dots \, \text{A}$

- $P = U \cdot I \rightarrow 60 = 230 \cdot I \rightarrow I = 0,26087 \, \text{A}$

- $U = I \cdot R \rightarrow 230 = 0,26087 \cdot R \rightarrow R = 881,67 \, \Omega$

- $\Delta R = 881,67 - 70 = 811,67 \, \Omega$

- $\frac{\Delta R}{R_0} = \alpha \cdot \Delta T$ met $\alpha = 4,9 \cdot 10^{-3} \, \text{K}^{-1}$ en $R_0 = 70 \, \Omega$

- $\frac{811,67}{70} = 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = 2366 \, ^\circ\text{C}$

- $T_{\text{kamer}} = 20 \, ^\circ\text{C} \rightarrow T_{\text{gloeidraad}} = 20 + 2366 = 2386 = 2,4 \cdot 10^3 \, ^\circ\text{C}$

6.5 Serieschakeling en parallelschakeling

Serieschakeling

1**

a Bereken de totale weerstand.

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $R_{\text{tot}} = 50 + 100 = 150 \, \Omega$

b Bereken I_{bron} .

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $6 = I_{\text{bron}} \cdot 150 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,040 \, \text{A}$

c Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$)

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,040 \, \text{A}$
- $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \, \text{V}$

d Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$)

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $I_2 = I_{\text{bron}} = 0,040 \, \text{A}$
- $U_2 = 0,040 \cdot 100 = 4,0 \, \text{V}$

2**

a Bereken de totale weerstand R_{tot} .

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $5 = 0,04 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 125 \, \Omega$

b Bereken R_2 .

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $125 = 50 + R_2 \rightarrow R_2 = 75 \, \Omega$

c Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$)

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,040 \, \text{A}$
- $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \, \text{V}$

d Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$)

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $I_2 = I_{\text{bron}} = 0,040 \, \text{A}$
- $U_2 = 0,040 \cdot 75 = 3,0 \, \text{V}$

3****a** Wat weet je van de stroom door de drie lampen?

- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 = I_3$ (door iedere lamp gaat dezelfde stroomsterkte)

b Leg uit of het licht dat de lampen L₁ en L₂ uitstralen hierdoor meer wordt, minder wordt of gelijk blijft.

- als lamp 3 kapot gaat wordt de stroomkring doorbroken
- de lampen 1 en 2 branden niet meer
- de hoeveelheid uitgestraald licht wordt minder, namelijk nul

4*****a** Leg uit of hierdoor de spanning over elk van de drie lampen L₁, L₂ en L₃ groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.

- de bronspanning blijft gelijk maar verdeelt zich nu over 4 lampen
- de drie lampen L₁, L₂ en L₃ krijgen nu minder spanning dan eerst

b Leg uit of hierdoor de stroomsterkte door de lampen groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
- door aanwezigheid van de 4^e lamp wordt de totale weerstand groter
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- U_{bron} blijft gelijk en R_{tot} wordt groter $\rightarrow I_{\text{bron}}$ wordt kleiner

5*****a** Hoe groot is de spanning over L₁ en L₂ samen?

- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$
- $U_1 + U_2 = 15 \text{ V}$

b Wat weet je van de stroomsterkte in L₁ en L₂ ?

- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2$
- de stroomsterkte in L₁ en L₂ zijn gelijk aan elkaar

c Zoek in de figuur de stroomsterkte zodat U₁ en U₂ samen 15 V zijn.

- bij $I = 0,60 \text{ A}$ geldt: $U_1 + U_2 = 15 \text{ V}$

d Bepaal de spanning over L₁ en over L₂.

- aflezen $U_1 = 5 \text{ V}$
- aflezen $U_2 = 10 \text{ V}$

e Bereken de weerstand van L₁ en van L₂ als ze op de spanningen van vraag d branden.

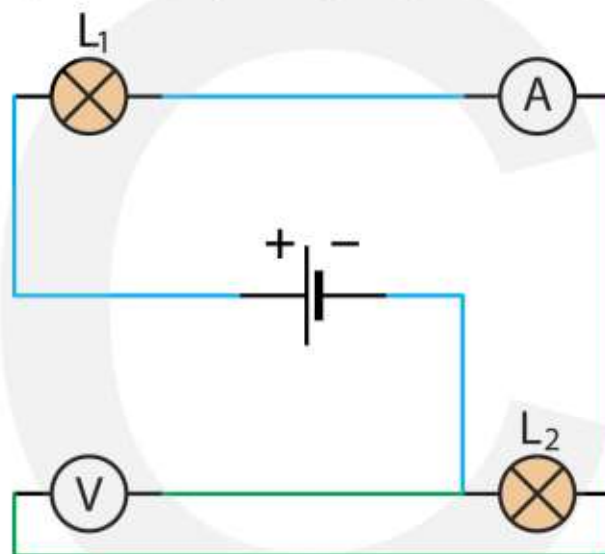
- $U_1 = 5,0 \text{ V} \quad | \quad U_2 = 10 \text{ V} \quad | \quad I_{\text{tot}} = 0,60 \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$

- $R_1 = \frac{5}{0,6} = 8,3 \Omega$
- $R_2 = \frac{10}{0,6} = 16,7 \Omega$

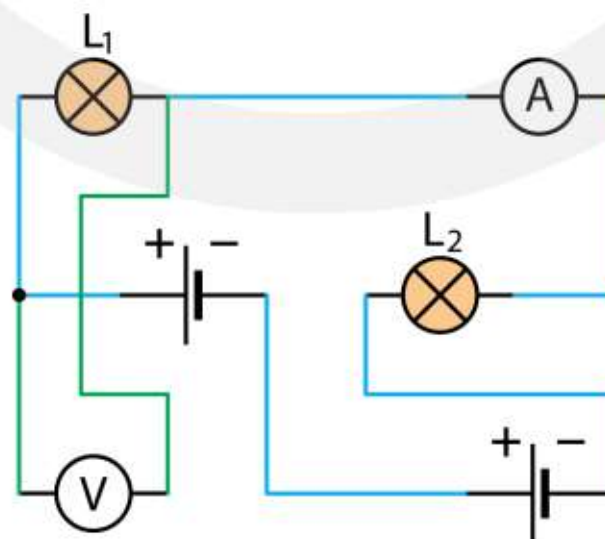
f Bereken de totale weerstand van L_1 en L_2 .

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $R_{\text{tot}} = 8,3 + 16,7 = 25 \Omega$

6* a** Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



b Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



c Hoe groot is de weerstand van L_1 ?

- $U_1 = 2,0 \text{ V} \quad | \quad I_1 = I_{\text{bron}} = 0,40 \text{ A} \quad | \quad R_1 = \dots \Omega$
- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow 2 = 0,4 \cdot R_1 \rightarrow R_1 = 5,0 \Omega$

d Hoe groot is de weerstand van L_2 ?

- $U_{\text{bron}} = 1,5 + 1,5 = 3,0 \text{ V}$
- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 \rightarrow 3 = 2 + U_2 \rightarrow U_2 = 1,0 \text{ V}$
- $U_2 = 1,0 \text{ V} \quad | \quad I_2 = I_{\text{bron}} = 0,40 \text{ A} \quad | \quad R_2 = \dots \Omega$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow 1 = 0,4 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 2,5 \Omega$

e Wat is de totale weerstand?

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $R_{\text{tot}} = 5 + 2,5 = 7,5 \Omega$

Parallelschakeling

7**

a Bereken de totale weerstand.

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{5}{60}$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{5}{60} \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{60}{5} = 12 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = 0,083333$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = 0,083333 \rightarrow R_{\text{tot}} = 12 \Omega$

b Bereken I_{bron} .

- $U_{\text{bron}} = 6,0 \text{ V} \quad | \quad R_{\text{tot}} = 12 \Omega \quad | \quad I_{\text{bron}} = \dots \text{ A}$
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $6 = I_{\text{bron}} \cdot 12 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,50 \text{ A}$

c Bereken de stroomsterkte in R_1 ($= I_1$)

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $U_{\text{bron}} = U_1$
- $6 = I_1 \cdot 20 \rightarrow I_1 = 0,30 \text{ A}$

d Bereken de stroomsterkte in R_2 ($= I_2$)

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $U_{bron} = U_2$
- $6 = I_2 \cdot 30 \rightarrow I_2 = 0,20 \text{ A}$

8**

a Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

- $U_{bron} = U_1 = U_2 = U_3$ (de spanning is over iedere lamp gelijk aan U_{bron})

b Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?

- $I_{bron} = I_1 + I_2 + I_3$ (de som van de stroomsterktes is gelijk aan I_{bron})

c Leg uit of hierdoor de lampen L_2 en L_3 feller, minder fel of even fel branden.

- $U_{bron} = U_1 = U_2 = U_3$ verandert niet
- R_2 en R_3 veranderen ook niet
- $U = I \cdot R$
- I_2 en I_3 veranderen niet
- voor L_2 en L_3 blijven U en I gelijk
- L_2 en L_3 blijven branden

9**

a Leg uit of hierdoor de stroomsterkte door elk van de drie lampen L_1 , L_2 en L_3 groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.

- $U_{bron} = U_1 = U_2 = U_3$ verandert niet
- R_1 , R_2 en R_3 veranderen ook niet
- I_1 , I_2 en I_3 veranderen niet
- de stroomsterkte door L_1 , L_2 en L_3 blijft gelijk

10***

a Bereken R_2 .

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $U_1 = U_{bron}$
- $12 = I_1 \cdot 120 \rightarrow I_1 = 0,10 \text{ A}$
- $I_{bron} = I_1 + I_2$
- $0,5 = 0,1 + I_2 \rightarrow I_2 = 0,40 \text{ A}$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $U_2 = U_{bron}$
- $12 = 0,4 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 30 \Omega$

OOK GOED

- $U_{bron} = I_{bron} \cdot R_{tot}$
- $12 = 0,5 \cdot R_{tot} \rightarrow R_{tot} = 24 \Omega$

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{24} = \frac{1}{120} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} - \frac{1}{120} = 0,033333$
- $R_2 = \frac{1}{0,033333} = 30 \Omega$

Geleidbaarheid

11**

a Bereken de geleidbaarheid.

- $R_1 = 10 \Omega \rightarrow G_1 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ S}$
- $R_2 = 25 \text{ m}\Omega \rightarrow G_2 = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ S}$
- $R_3 = 40 \text{ k}\Omega \rightarrow G_3 = \frac{1}{40000} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$

b Bereken de weerstand.

- $G_1 = 1,25 \text{ S} \rightarrow R_1 = \frac{1}{1,25} = 0,80 \Omega$
- $G_2 = 8,0 \text{ mS} \rightarrow R_2 = \frac{1}{0,008} = 125 \Omega$
- $G_3 = 4,0 \text{ kS} \rightarrow R_3 = \frac{1}{4000} = 2,5 \cdot 10^{-4} \Omega$

12**

a Bereken de totale weerstand.

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{6}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{11}{60}$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{11}{60} \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{60}{11} = 5,45 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 0,1 + 0,05 + 0,03333 = 0,183333$
- $R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,183333} = 5,45 \Omega$

b Bereken de totale geleidbaarheid.

- $G_1 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ S} \mid G_2 = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ S} \mid G_3 = \frac{1}{30} = 0,0333 \text{ S}$
- $G_{\text{tot}} = 0,1 + 0,05 + 0,0333 = 0,18333 = 0,183 \text{ S}$

CONTROLE: $G_{\text{tot}} = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \rightarrow G_{\text{tot}} = \frac{1}{5,454545} = 0,18333 \text{ S}$

13* a** Bereken de geleidbaarheid van R_2 .

- $G_1 = \frac{1}{24} = 0,0416667 \text{ S}$
- $G_{\text{tot}} = \frac{1}{12} = 0,083333 \text{ S}$
- parallel: $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2$
- $0,08333 = 0,0416667 + G_2 \rightarrow G_2 = 0,0416667 = 0,417 \text{ S}$

b Bereken R_2 .

- $R_2 = \frac{1}{G_2} \rightarrow R_2 = \frac{1}{0,0416667} = 24 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{12} = \frac{1}{24} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12} - \frac{1}{24} = \frac{2}{24} - \frac{1}{24} = \frac{1}{24}$
- $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} \rightarrow R_2 = \frac{24}{1} = 24 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{12} = \frac{1}{24} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12} - \frac{1}{24} = 0,0416667$
- $R_2 = \frac{1}{0,0416667} = 24 \Omega$

c Bereken de geleidbaarheid van R_2 .

- $G_1 = \frac{1}{12} = 0,083333 \text{ S}$
- $G_{\text{tot}} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ S}$
- parallel: $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2$
- $0,10 = 0,083333 + G_2 \rightarrow G_2 = 0,0166667 = 0,0167 \text{ S}$

d Bereken R_2 .

- $R_2 = \frac{1}{G_2} \rightarrow R_2 = \frac{1}{0,0166667} = 60 \Omega$

OOK GOED

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

- $\frac{1}{10} = \frac{1}{12} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{6}{60} - \frac{5}{60} = \frac{1}{60}$
- $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{60} \rightarrow R_2 = \frac{60}{1} = 60 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{10} = \frac{1}{12} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = 0,016667$
- $R_2 = \frac{1}{0,016667} = 60 \Omega$

14* a** Bereken de geleidbaarheid G_1 , G_2 en G_3 .

- $G_{\text{tot}} = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \rightarrow G_{\text{tot}} = \frac{1}{12} = 0,083334 \text{ S}$
- $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + G_3 = 3 \cdot G_1$
- $0,083334 = 3 \cdot G_1 \rightarrow G_1 = G_2 = G_3 = 0,027778 = 0,028 \text{ S}$

b Bereken de weerstand $R_1 = R_2 = R_3$.

- $R = \frac{1}{G} \rightarrow R = \frac{1}{0,027778} = 36 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
- $\frac{1}{12} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$
- $12 = \frac{R}{3} \rightarrow R = 36 \Omega$

c Bereken de geleidbaarheid G_3 .

- $G_1 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ S} \quad | \quad G_2 = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ S} \quad | \quad G_{\text{tot}} = \frac{1}{6} = 0,16667 \text{ S}$
- $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + G_3$
- $0,16667 = 0,1 + 0,05 + G_3 \rightarrow G_3 = 0,016667 = 0,017 \text{ S}$

d Bereken R_3 .

- $R_3 = \frac{1}{G_3} \rightarrow R_3 = \frac{1}{0,016667} = 60 \Omega$

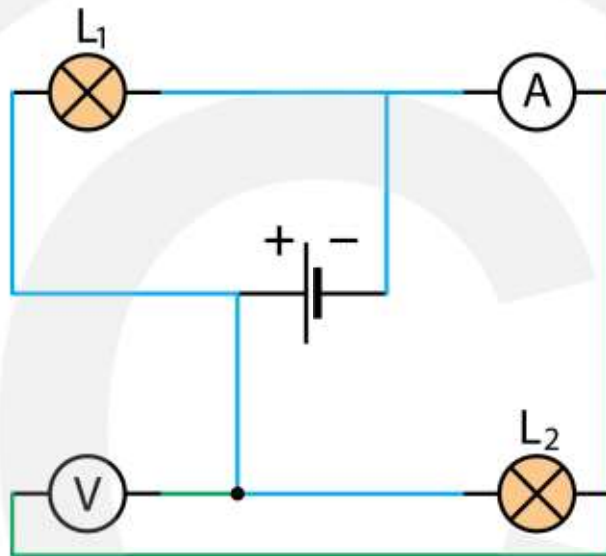
OOK GOED

- $\frac{1}{6} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{R_3}$
- $\frac{10}{60} = \frac{6}{60} + \frac{3}{60} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_3} = \frac{1}{60}$
- $R_3 = 60 \Omega$

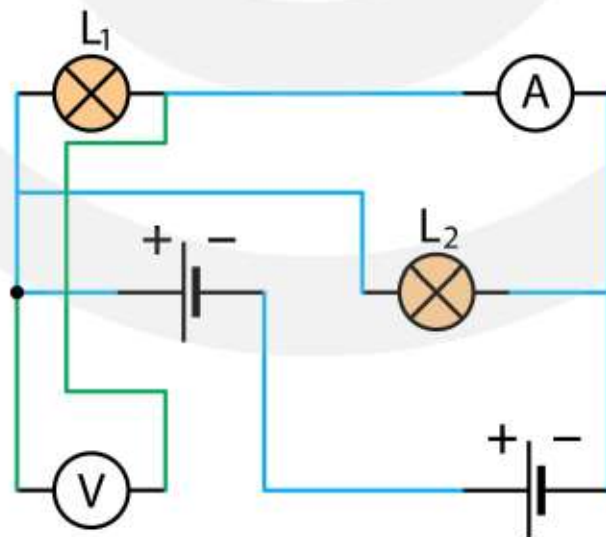
OOK GOED

- $0,16667 = 0,1 + 0,05 + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_3} = 0,016667$
- $R_3 = \frac{1}{0,016667} = 60 \Omega$

15 *** a Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



b Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



Gemengde schakeling

16***

a Bereken de totale weerstand.

- R_{23} is de totale weerstand van R_2 en R_3 (parallelschakeling)

$$\bullet \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = \frac{3}{150} + \frac{2}{150} = \frac{5}{150}$$

$$\bullet \frac{1}{R_{23}} = \frac{5}{150} \rightarrow R_{23} = \frac{150}{5} = 30 \Omega$$

$$\bullet R_{\text{tot}} = R_1 + R_{23} = 60 + 30 = 90 \Omega$$

OOK GOED

$$\bullet \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = 0,020 + 0,01333 = 0,03333$$

$$\bullet R_{23} = \frac{1}{0,03333} = 30 \Omega$$

$$\bullet R_{\text{tot}} = R_1 + R_{23} = 60 + 30 = 90 \Omega$$

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

$$\bullet 18 = I_{\text{bron}} \cdot 90 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,20 \text{ A}$$

c Bereken de spanning over R_1 .

$$\bullet I_{\text{bron}} = I_1 = 0,20 \text{ A} \quad (I_{\text{bron}} \text{ gaat door } R_1)$$

$$\bullet U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$\bullet U_1 = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ V}$$

d Bereken de spanning over R_2 en R_3 .

$$\bullet U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$$

$$\bullet 18 = 12 + U_2 \rightarrow U_2 = 6,0 \text{ V}$$

$$\bullet U_2 = U_3 \rightarrow U_3 = 6,0 \text{ V} \quad (\text{parallelschakeling})$$

e Bereken de stroom door R_1 , door R_2 en door R_3 .

$$\bullet I_1 = I_{\text{bron}} = 0,20 \text{ A}$$

$$\bullet U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2} \rightarrow I_2 = \frac{6}{50} = 0,12 \text{ A}$$

$$\bullet U_3 = I_3 \cdot R_3 \rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} \rightarrow I_3 = \frac{6}{75} = 0,080 \text{ A}$$

17***

a Bereken de totale weerstand.

- R_{12} is de totale weerstand van R_1 en R_2 (serieschakeling)

$$\bullet R_{12} = R_1 + R_2 \rightarrow R_{12} = 40 + 60 = 100 \Omega$$

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200} + \frac{1}{200} = \frac{3}{200}$
- $R_{\text{tot}} = \frac{200}{3} = 66,6667 = 67 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} = 0,01 + 0,0050 = 0,015$
- $R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,015} = 66,6667 = 67 \Omega$

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $18 = I_{\text{bron}} \cdot 66,6667 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,27 \text{ A}$

c Bereken de stroomsterkte door R_3 .

- $U_{\text{bron}} = U_3 \rightarrow U_3 = 18 \text{ V}$ (parallelschakeling)
- $U_3 = I_3 \cdot R_3 \rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} \rightarrow I_3 = \frac{18}{200} = 0,090 \text{ A}$

d Bereken de stroomsterkte door R_1 en door R_2 .

- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_3 \rightarrow 0,27 = I_1 + 0,09 \rightarrow I_1 = 0,18 \text{ A}$
- $I_1 = I_2 = 0,18 \text{ A}$

e Bereken de spanning over R_1 en over R_2 .

- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = 0,18 \cdot 40 = 7,2 \text{ V}$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow U_2 = 0,18 \cdot 60 = 10,8 \text{ V}$

18*** **a** Bereken R .

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 24 = 0,06 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 400 \Omega$
- $R_{\text{tot}} = R_s + R_{\text{par}} \rightarrow 400 = 100 + R_{\text{par}} \rightarrow R_{\text{par}} = 300 \Omega$
- $\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{2 \cdot R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{2 \cdot R} + \frac{2}{2 \cdot R} = \frac{3}{2 \cdot R}$
- $\frac{1}{300} = \frac{3}{2 \cdot R} \rightarrow 2 \cdot R = 900 \rightarrow R = 450 \Omega$

b Bereken de spanning over R_s .

- $I_s = 0,06 \text{ A} \mid R_s = 100 \Omega \mid U_s = \dots \text{ V}$
- $U_s = I_s \cdot R_s$
- $U_s = 0,06 \cdot 100 = 6,0 \text{ V}$

c Bereken de spanning over het paralleldeel.

- $U_{\text{bron}} = U_s + U_{\text{par}}$
- $24 = 6 + U_{\text{par}} \rightarrow U_{\text{par}} = 18 \text{ V}$

d Bereken de stroomsterkte door de onderste tak van het paralleldeel.

- $U_{\text{par}} = I_{\text{onder}} \cdot R \rightarrow 18 = I_{\text{onder}} \cdot 450 \rightarrow I_{\text{onder}} = 0,040 \text{ A}$

c Bereken de stroomsterkte door de bovenste tak van het paralleldeel.

- $I_{\text{bron}} = I_{\text{onder}} + I_{\text{boven}} \rightarrow 0,06 = 0,04 + I_{\text{boven}} \rightarrow I_{\text{boven}} = 0,020 \text{ A}$

OOK GOED

- $U_{\text{par}} = I_{\text{boven}} \cdot 2 \cdot R \rightarrow 18 = I_{\text{boven}} \cdot 900 \rightarrow I_{\text{boven}} = 0,020 \text{ A}$

19 ***

a Bereken de totale weerstand.

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{R_{1\text{tot}}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{15} \rightarrow \frac{1}{R_{1\text{tot}}} = 0,0910569 \rightarrow R_{1\text{tot}} = 10,90909 \Omega$
- $\frac{1}{R_{2\text{tot}}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{25} \rightarrow \frac{1}{R_{2\text{tot}}} = 0,0566667 \rightarrow R_{2\text{tot}} = 17,647 \Omega$
- $R_{\text{tot}} = R_{1\text{tot}} + R_{2\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 28,556 = 29 \Omega$

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_{\text{bron}} = 30 \text{ V} \mid R_{\text{tot}} = 28,556 \Omega \mid I_{\text{bron}} = \dots \text{ A}$
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 30 = I_{\text{bron}} \cdot 28,556 \rightarrow I_{\text{bron}} = 1,05056 = 1,1 \text{ A}$

c Bereken de spanning over L_1 en de spanning over L_2 .

- $I_{1\text{tot}} = I_{\text{bron}} = 1,05056 \text{ A} \mid R_{1\text{tot}} = 10,90909 \Omega \mid U_{1\text{tot}} = \dots \text{ V}$
- $U_{1\text{tot}} = I_{1\text{tot}} \cdot R_{1\text{tot}} \rightarrow U_{1\text{tot}} = 1,05056 \cdot 10,90909 \rightarrow U_{1\text{tot}} = 11,461 = 11 \text{ V}$
- $U_{L1} = U_{1\text{tot}} = 11 \text{ V}$
- $U_{L2} = U_{\text{bron}} - U_{1\text{tot}} \rightarrow U_{L2} = 30 - 11,461 = 18,539 = 19 \text{ V}$

d Bereken de stroomsterkte door L_1 en de stroomsterkte door L_2 .

- $U_{L1} = I_{L1} \cdot R_{L1} \rightarrow 11,461 = I_{L1} \cdot 15 \rightarrow I_{L1} = 0,764 = 0,76 \text{ A}$
- $U_{L2} = I_{L2} \cdot R_{L2} \rightarrow 18,593 = I_{L2} \cdot 25 \rightarrow I_{L2} = 0,74372 = 0,74 \text{ A}$

6.6 Elektrische energie

1**

a Hoeveel elektrische energie neemt de elektromotor op in 15 minuten?

- $U = 12 \text{ V} \quad | \quad I = 0,50 \text{ A} \quad | \quad t = 15 \cdot 60 = 900 \text{ s} \quad | \quad E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 12 \cdot 0,5 \cdot 900 \rightarrow E_{\text{el}} = 5400 \text{ J}$

b Hoeveel energie wordt er in de elektromotor omgezet in 1,0 s?

- in 900 seconden wordt er 5400 J omgezet
- in 1 seconden wordt er $\frac{5400}{900} = 6,0 \text{ J}$ omgezet

c Bereken het vermogen P_{el} van de elektromotor.

- $P = \frac{E}{t}$ (vermogen is energie per seconde)
- $P = \frac{5400}{900} = 6,0 \text{ W}$

2**

a Hoeveel lading gaat er in een uur door de broodrooster?

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad E_{\text{el}} = 3,0 \cdot 10^8 \text{ J} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $E_{\text{el}} = Q \cdot U$
- $3,0 \cdot 10^8 = Q \cdot 230 \rightarrow Q = 1,30435 \cdot 10^4 = 1,30 \cdot 10^4 \text{ C}$

b Hoe groot is de stroomsterkte door de broodrooster?

- $Q = 1,30435 \cdot 10^4 \quad | \quad t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $I = \frac{Q}{t}$
- $I = \frac{1,30435 \cdot 10^4}{3600} = 3,62318 = 3,6 \text{ A}$

c Wat is het vermogen van de broodrooster?

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = 3,62319 \text{ A} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 230 \cdot 3,62319 = 833,333 = 833 \text{ W}$

3**

a Hoeveel energie zet de straalkachel in een uur om?

- $P = 1000 \text{ W} \quad | \quad t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \quad | \quad E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 1000 \cdot 3600 \rightarrow E_{\text{el}} = 3.600.000 \text{ J}$

b Hoe groot is de stroomsterkte door de straalkachel?

- $P = 1000 \text{ W} \quad | \quad U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $1000 = 230 \cdot I \rightarrow I = 4,34783 = 4,35 \text{ A}$

4**

a Toon aan dat 1 kWh gelijk is aan 3,6 miljoen joule energie.

- $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ watt gedurende één uur}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 1000 \cdot 3600 \rightarrow E_{\text{el}} = 3.600.000 \text{ J}$

b Hoeveel kWh er nodig is om deze pan water aan de kook te brengen?

- $E_{\text{el}} = 6,48 \cdot 10^5 \text{ J}$
- van J naar kWh $\rightarrow$ delen door $3,6 \cdot 10^6$
- $\frac{6,48 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^6} = 0,18$
- $E_{\text{el}} = 0,18 \text{ kWh}$

c Hoelang moet het verwarmingselement aanstaan

- $E = 0,18 \text{ kWh} \quad | \quad P = 1,2 \text{ kW} \quad | \quad t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t$
- $0,18 = 1,2 \cdot t \rightarrow t = 0,15 \text{ h} \quad (9,0 \text{ minuten})$

OOK GOED

- $E = 6,48 \cdot 10^5 \text{ J} \quad | \quad P = 1200 \text{ W} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t$
- $6,48 \cdot 10^5 = 1200 \cdot t \rightarrow t = 540 \text{ s} \quad (9,0 \text{ minuten})$

5***

a Reken de gegevens om:

- M = mega $\rightarrow$ vermenigvuldig met 1.000.000
- $80 \text{ MV} = 80.000.000 \text{ V} \quad (8,0 \cdot 10^7 \text{ V})$
- m = milli $\rightarrow$ deel door 1000
- $0,050 \text{ ms} = 0,00005 \text{ s} \quad (5,0 \cdot 10^{-5} \text{ s})$
- k = kilo $\rightarrow$ vermenigvuldig met 1000
- $30 \text{ kA} = 30000 \text{ A} \quad (3,0 \cdot 10^4 \text{ A})$

b Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

- $U = 8,0 \cdot 10^7 \text{ V} \quad | \quad I = 3,0 \cdot 10^4 \text{ A} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 8,0 \cdot 10^7 \cdot 3,0 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^{12} \text{ W}$

c Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

- $P = 2,4 \cdot 10^{12} \text{ W}$ | $t = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 2,4 \cdot 10^{12} \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ J}$

d Hoeveel energie is dit uitgedrukt in kWh?

- van J naar kWh $\rightarrow$ delen door $3,6 \cdot 10^6$
- $\frac{1,2 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} = 33,333 \text{ kWh}$

e In hoeveel dagen gebruikt een gemiddeld gezin de elektriciteit uit één ontlading?

- één ontlading geeft 33,333 kWh
- verhoudingstabel:

jaar	1	x
kWh	4000	33,333

- kruislings vermenigvuldigen:
 $33,333 = 4000 \cdot x \rightarrow x = \frac{33,333}{4000} = 0,00833 \text{ jaar}$
- 365 dagen in een jaar: $0,008333 \cdot 365 = 3,04 \text{ dagen}$

6**

a Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

- $R = 0,10 \Omega$ | $I = 1000 \text{ A}$ | $U = \dots \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow U = 1000 \cdot 0,1 \rightarrow U = 100 \text{ V}$
- $P = U \cdot I \rightarrow P = 100 \cdot 1000 = 100.000 \text{ W}$

b Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

- $P = 100.000 \text{ W}$ | $t = 0,050 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 100.000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ J}$

7****

a Bereken het vermogen van de stofzuiger.

- verhoudingstabel

euro's	0,20	30
kWh	1	x

- kruislings vermenigvuldigen: $1 \cdot 30 = 0,2 \cdot x \rightarrow x = \frac{30}{0,2} = 150$
- $E = 150 \text{ kWh}$ | $t = 125 \text{ h}$ | $P = \dots \text{ kW}$
- $E = P \cdot t$
- $150 = P \cdot 125 \rightarrow P = 1,2 \text{ kW} = 1200 \text{ W}$

b Bereken de stroomsterkte als stofzuiger aan staat.

- $P = 1200 \text{ W} \quad | \quad U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $1200 = 230 \cdot I \rightarrow I = 5,22 \text{ A}$

c Hoeveel kWh bespaar je per jaar door het gebruik van de eco-stofzuiger?

- energiebesparing per jaar: $\frac{10}{0,2} = 50 \text{ kWh}$

d Hoeveel vermogen heeft de eco-stofzuiger minder dan een gewone stofzuiger.

- besparing in vermogen is $\Delta P = \frac{50}{125} = 0,40 \text{ kW} = 400 \text{ W}$

e Bereken het vermogen van de eco-stofzuiger.

- $P_{\text{gewoon}} \cdot 0,33 = 400 \rightarrow P_{\text{gewoon}} = 1200 \text{ W}$ (klopt met antwoord op vraag a)
- $P_{\text{eco}} = P_{\text{gewoon}} - \Delta P \rightarrow P_{\text{eco}} = 1200 - 400 = 800 \text{ W}$

8***

a Hoeveel vermogen heeft de broodrooster?

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad R = 62 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $U = I \cdot R$
- $230 = I \cdot 62 \rightarrow I = 3,70968 \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 230 \cdot 3,70968 \rightarrow P = 853,226 = 853 \text{ W}$

b Hoeveel energie kost het roosteren van een boterham?

- $P = 853,226 \text{ W} \quad | \quad t = 3 \cdot 60 = 180 \text{ s} \quad | \quad E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $E = 853,226 \cdot 180 \rightarrow E = 1,5358 \cdot 10^5 = 1,54 \cdot 10^5 \text{ J}$

c Hoeveel lading stroomt er door de broodrooster bij het roosteren van een boterham.

- $I = 3,70968 \text{ A} \quad | \quad t = 180 \text{ s} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $Q = I \cdot t$
- $Q = 3,70968 \cdot 180 \rightarrow Q = 667,74 = 668 \text{ C}$

9***

a Bereken hoeveel uur de zonnecentrale gemiddeld per dag in werking is.

- $P = 200 \cdot 10^6 \text{ W} \quad | \quad E = 700 \cdot 10^9 \text{ Wh} \quad | \quad t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t$
- $700 \cdot 10^9 = 200 \cdot 10^6 \cdot t \rightarrow t = 3500 \text{ uur}$
- $3500 \text{ uur per jaar} \rightarrow \frac{3500}{365} = 9,6 \text{ uur per dag}$

OOK GOED

- $E = 700 \cdot 10^9 \text{ Wh} = 700 \cdot 10^6 \text{ kWh} = 700 \cdot 10^6 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 2,52 \cdot 10^{15} \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $2,52 \cdot 10^{15} = 200 \cdot 10^6 \cdot t \rightarrow t = 1,26 \cdot 10^7 \text{ s}$
- $t = \frac{1,26 \cdot 10^7}{60 \cdot 60} = 3500 \text{ uur per jaar}$
- $3500 \text{ uur per jaar} \rightarrow \frac{3500}{365} = 9,6 \text{ uur per dag}$

10 ***

a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?

- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 = I_3$

b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 + U_3$

c Wat weet je van de spanning over L_1 ?

- P_1 is groter dan P_2 en P_3
- de stroomsterkte is voor alle lampen gelijk
- $P = U \cdot I$
- over L_1 staat de meeste spanning

d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?

- over L_1 staat de meeste spanning
- de stroomsterkte door de drie lampen is gelijk
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
- I is voor iedere lamp hetzelfde en U_1 is groter dan U_2 en U_3
- R_1 is groter dan R_2 en R_3

e Leg uit of hierdoor de lampen L_2 en L_3 feller, minder fel of even fel gaan branden.

- de stroomkring is gebroken
- L_2 en L_3 branden niet meer $\rightarrow$ minder fel (namelijk nul)

11 ****

a Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd? Wordt de felheid van L_1 en L_2 groter, kleiner of blijft de felheid gelijk?

- door het toevoegen van L_3 neemt de spanning over L_1 en L_2 en de stroomsterkte door L_1 en L_2 af
- $P = U \cdot I$
- voor L_1 en L_2 worden zowel U als I kleiner
- P neemt af $\rightarrow$ de lampen L_1 en L_2 branden minder fel

b Leg uit de drie in serie geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren als twee lampen in serie.

- door toevoeging van L_3 wordt de totale weerstand groter
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- U_{bron} blijft gelijk en R_{tot} neemt toe $\rightarrow I_{\text{bron}}$ neemt af
- $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$
- P_{bron} neemt af $\rightarrow$ per seconde wordt er minder licht geproduceerd
- de totale hoeveelheid licht neemt af

12***

a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?

- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 + I_3$

b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$

c Wat weet je van de stroomsterkte in L_1 ?

- P_1 is groter dan P_2 en P_3
- de spanning is voor alle lampen gelijk
- $P = U \cdot I$
- door L_1 gaat de meeste stroomsterkte

d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?

- door L_1 gaat de meeste stroomsterkte
- de spanning over de drie lampen is gelijk
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
- U is voor iedere lamp hetzelfde en I_1 is groter dan I_2 en I_3
- R_1 is kleiner dan R_2 en R_3

e Leg uit of hierdoor de lampen L_2 en L_3 feller, minder fel of even fel branden.

- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$ verandert niet
- R_2 en R_3 veranderen ook niet
- $U = I \cdot R$
- I_2 en I_3 veranderen niet
- $P = U \cdot I$
- P_2 en P_3 veranderen niet $\rightarrow L_2$ en L_3 blijven even fel branden

13***

a Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd? Wordt de felheid van L_1 en L_2 groter, kleiner of blijft de felheid gelijk?

- door het toevoegen van L_3 verandert de spanning over L_1 en L_2 en de stroomsterkte door L_1 en L_2 niet
- $P = U \cdot I$
- voor L_1 en L_2 blijven zowel U als I gelijk
- P verandert niet af $\rightarrow$ de lampen L_1 en L_2 branden even fel

- b** Leg uit de drie parallel geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren dan twee lampen parallel.
- door toevoeging van L_3 wordt de totale weerstand kleiner
 - $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
 - U_{bron} blijft gelijk en R_{tot} neemt af $\rightarrow I_{\text{bron}}$ neemt toe
 - $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$
 - P_{bron} neemt toe $\rightarrow$ per seconde wordt er meer licht geproduceerd
 - de totale hoeveelheid licht neemt toe

14***

a Bereken de stroom I_{bron} door het circuit.

- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2$
- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = I_1 \cdot 50$
- $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow 0,08 = I_1 \cdot 50 \cdot I_1 = 50 \cdot I_1^2$
- $0,08 = 50 \cdot I_1^2 \rightarrow I_1^2 = \frac{0,08}{50} = 1,6 \cdot 10^{-3} \rightarrow I_1 = 0,040 \text{ A}$
- $I_{\text{bron}} = I_1 = 0,040 \text{ A}$

OOK GOED

- $P_1 = I_1^2 \cdot R_1$
- $0,080 = I_1^2 \cdot 50 \rightarrow I_1^2 = 1,6 \cdot 10^{-3}$
- $I_{\text{bron}} = I_1 = 0,040 \text{ A}$

b Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \text{ V}$

c Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).

- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$
- $12 = 2 + U_2 \rightarrow U_2 = 10 \text{ V}$

d Bereken R_2 .

- $I_2 = I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $10 = 0,040 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 250 \Omega$

15*** a Bereken U_{bron} .

- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = I_1 \cdot 50 \rightarrow I_1 = \frac{U_1}{50}$

- $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow 0,18 = U_1 \cdot \frac{U_1}{50} = \frac{U_1^2}{50}$

- $0,18 = \frac{U_1^2}{50} \rightarrow U_1^2 = 9 \rightarrow U_1 = 3,0 \text{ V}$

- $U_{\text{bron}} = U_1 = 3,0 \text{ V}$

OOK GOED

- $P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$

- $0,18 = \frac{U_1^2}{50} \rightarrow U_1^2 = 0,18 \cdot 50 = 9 \rightarrow U_1 = 3,0 \text{ V}$

- $U_{\text{bron}} = U_1 = 3,0 \text{ V}$

b Bereken de stroomsterkte door R_1 ($=I_1$).

- $U_{\text{bron}} = U_1$

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

- $3 = I_1 \cdot 50 \rightarrow I_1 = 0,060 \text{ A}$

c Bereken de stroomsterkte door R_2 ($=I_2$).

- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2$

- $0,26 = 0,06 + I_2 \rightarrow I_2 = 0,20 \text{ A}$

d Bereken R_2 .

- $U_{\text{bron}} = U_2$

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$

- $3 = 0,2 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 15 \Omega$

16*** a Bereken de spanning over R_2 .

- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow U_2 = I_2 \cdot 10 \rightarrow I_2 = \frac{U_2}{10}$

- $P_2 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow 19,6 = U_2 \cdot \frac{U_2}{10} = \frac{U_2^2}{10}$

- $19,6 = \frac{U_2^2}{10} \rightarrow U_2^2 = 196 \rightarrow U_2 = 14 \text{ V}$

OOK GOED

- $P_2 = \frac{U_2^2}{R_2}$

- $19,6 = \frac{U_2^2}{10} \rightarrow U_2^2 = 19,6 \cdot 10 = 196 \rightarrow U_2 = 14 \text{ V}$

b Bereken de spanning over R_1 .

- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 \rightarrow 20 = U_1 + 14 \rightarrow U_1 = 6,0 \text{ V}$

c Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $6 = I_1 \cdot 3 \rightarrow I_1 = 2,0 \text{ A}$
- $I_{\text{bron}} = I_1 = 2,0 \text{ A}$

d Bereken de stroomsterkte door R_3 .

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $14 = I_2 \cdot 10 \rightarrow I_2 = 1,4 \text{ A}$
- $I_{\text{bron}} = I_2 + I_3 \rightarrow 2 = 1,4 + I_3 \rightarrow I_3 = 0,60 \text{ A}$

e Bereken R_3 .

- $U_3 = 14 \text{ V} \mid I_3 = 0,6 \text{ A} \mid R_3 = \dots \Omega$
- $14 = 0,6 \cdot R_3 \rightarrow R_3 = 23,333 = 23 \Omega$

17****

a Bereken R_1 .

- $U_{\text{bron}} = 10 \text{ V} \mid U_1 = 7,0 \text{ V} \mid U_2 = \dots \text{ V}$
- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2 \rightarrow 10 = 7 + U_2 \rightarrow U_2 = 3,0 \text{ V}$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow 3 = I_2 \cdot 6 \rightarrow I_2 = 0,50 \text{ A}$
- $U_{\text{lamp}} = U_2 = 3,0 \text{ V}$
- aflezen $I_{\text{lamp}} = 0,70 \text{ A}$
- $I_{\text{bron}} = I_2 + I_{\text{lamp}} \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,5 + 0,7 = 1,2 \text{ A}$
- $I_1 = I_{\text{bron}} = 1,2 \text{ A}$
- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow 7 = 1,2 \cdot R_1 \rightarrow R_1 = 5,8 \Omega$

b Bereken het vermogen van het lampje.

- $U_{\text{lamp}} = 3,0 \text{ V} \mid I_{\text{lamp}} = 0,70 \text{ A} \mid P_{\text{lamp}} = \dots \text{ W}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 3 \cdot 0,7 = 2,1 \text{ W}$

18***

a Hoelang staat de computer gemiddeld per dag aan?

- 10% van $4,0 \cdot 10^3 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ kWh}$
- $E = 400 \text{ kWh} \mid P = 0,20 \text{ kW} \mid t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 400 = 0,2 \cdot t \rightarrow t = 2000 \text{ uur}$
- gemiddeld per dag $\frac{2000}{365} = 5,47945 = 5,5 \text{ uur}$

- + b Bereken opnieuw hoe lang de computer gemiddeld per dag aan staat.
- energieverbruik per jaar 400 kWh
 - energieverbruik per dag $\frac{400}{365} = 1,09589 \text{ kWh} = 1095,89 \text{ Wh}$
 - $E_{\text{tot}} = E_{\text{aan}} + E_{\text{uit}} \rightarrow E_{\text{tot}} = P_{\text{aan}} \cdot t_{\text{aan}} + P_{\text{uit}} \cdot t_{\text{uit}}$
 - $t_{\text{uit}} = 24 - t_{\text{aan}}$
 - $E_{\text{tot}} = P_{\text{aan}} \cdot t_{\text{aan}} + P_{\text{uit}} \cdot (24 - t_{\text{aan}})$
 - $1095,89 = 200 \cdot t_{\text{aan}} + 1,5 \cdot (24 - t_{\text{aan}}) = (200 - 1,5) \cdot t_{\text{aan}} + 1,5 \cdot 24$
 - $1095,89 - 1,5 \cdot 24 = (200 - 1,5) \cdot t_{\text{aan}} \rightarrow t_{\text{aan}} = \frac{1059,89}{198,5} = 5,3395 = 5,3 \text{ uur}$

Rendement

19*** a Bereken het vermogen van de zonnecel.

- $U = 0,60 \text{ V} \quad | \quad I = 2,0 \text{ A} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ W}$

b Bereken het rendement van de zonnecel.

- $P_{\text{in}} = 800 \text{ W} / \text{m}^2 \rightarrow P_{\text{in}} = \frac{800}{10000} = 0,08 \text{ W} / \text{cm}^2$
- oppervlak zonnecel is $100 \text{ cm}^2 \rightarrow P_{\text{in}} = 0,08 \cdot 100 = 8,0 \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $\eta = \frac{1,2}{8} \cdot 100\% \rightarrow \eta = 15 \%$

20*** a Bereken de stroomsterkte in de elektromotor.

- $\eta = 75\% \quad | \quad P_{\text{nut}} = 6000 \quad | \quad P_{\text{in}} = \dots \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $75 = \frac{6000}{P_{\text{in}}} \cdot 100 \rightarrow P_{\text{in}} = \frac{6000}{75} \cdot 100 = 8000 \text{ W}$
- $P_{\text{in}} = U \cdot I$
- $8000 = 400 \cdot I \rightarrow I = 20 \text{ A}$

b Hoeveel tijd heeft de hijskraan hiervoor nodig?

- $P = 6000 \text{ W} \quad | \quad E = 49.050 \text{ J} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$

- $E = P \cdot t$
- $49.050 = 6000 \cdot t \rightarrow t = 8,175 = 8,2 \text{ s}$

21 ***

a Hoe groot is de stroomsterkte door de LED-lamp?

- $P = 11 \text{ W} \mid U = 230 \text{ V} \mid I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $11 = 230 \cdot I \rightarrow I = 0,047826 = 0,048 \text{ A}$

b Hoe groot is de weerstand van de LED-lamp?

- $U = 230 \text{ V} \mid I = 0,047826 \text{ A} \mid R = \dots \Omega$
- $U = I \cdot R$
- $230 = 0,047826 \cdot R \rightarrow R = 4809 \Omega$

c Bereken het rendement van de LED-lamp.

- $P_{\text{in gloei}} = 75 \text{ W} \mid \eta_{\text{gloei}} = 6\% \mid P_{\text{nut gloei}} = \dots \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $6 = \frac{P_{\text{nut}}}{75} \cdot 100\% \rightarrow P_{\text{nut}} = 4,5 \text{ W}$
- $P_{\text{in LED}} = 11 \text{ W} \mid P_{\text{nut LED}} = 4,5 \text{ W} \mid \eta = \dots \%$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $\eta = \frac{4,5}{11} \cdot 100\% \rightarrow \eta = 41\%$

d Bereken hoeveel lichtenergie de LED-lamp in zijn leven produceert in kWh.

- levensduur LED-lamp $8 \cdot 2000 = 16000 \text{ h}$
- $P_{\text{nut}} = 4,5 \text{ W} = 0,0045 \text{ kW} \mid t = 16000 \text{ h} \mid E = \dots \text{ kWh}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{nut}} = 0,0045 \cdot 16000 \rightarrow E_{\text{nut}} = 72 \text{ kWh}$

e Hoeveel euro kost de elektrische energie de spaarlamp in zijn leven verbruikt?

- $P = 11 \text{ W} = 0,011 \text{ kW} \mid t = 16000 \text{ h} \mid E = \dots \text{ kWh}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{in}} = 0,011 \cdot 16000 \rightarrow E_{\text{in}} = 176 \text{ kWh}$
- 1 kWh kost € 0,20
- 176 kWh kost $176 \cdot 0,2 = 35,2 \rightarrow$ de LED-lamp verbruikt in zijn leven € 35,20

22*****a** Bepaal het vermogen van L_1 en van L_2 .

- $U_1 = 5,0 \text{ V} \mid U_2 = 10 \text{ V} \mid I_{\text{bron}} = 0,60 \text{ A} \mid P = \dots \text{ W}$
- $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow P_1 = 5 \cdot 0,6 = 3,0 \text{ W}$
- $P_2 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow P_2 = 10 \cdot 0,6 = 6,0 \text{ W}$

b Bepaal het vermogen dat door de spanningsbron wordt geleverd.

- $P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 = 3 + 6 = 9,0 \text{ W}$
- de spanningsbron levert $9,0 \text{ W}$

c Hoeveel lichtenergie produceert L_1 in één uur?

- $P_1 = 3,0 \text{ W} \mid t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \mid E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $E = 3 \cdot 3600 \rightarrow E_{\text{el}} = 10800 \text{ J}$
- $E_{\text{in}} = 10800 \text{ J} \mid \eta = 35\% \mid E_{\text{nut}} = \dots \text{ J}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $35 = \frac{E_{\text{nut}}}{10800} \cdot 100 \rightarrow E_{\text{nut}} = 3780 \text{ J}$

23*****a** Bereken de grootte van de stroomsterkte die er gemiddeld geleverd kan worden door een zonnepaneel van 200 m^2 , geheel bedekt met zonnecellen.

- $P_{\text{in}} = 700 \cdot 200 = 1,4 \cdot 10^5 \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $15 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{1,4 \cdot 10^5} \cdot 100 \rightarrow P_{\text{nuttig}} = 1,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{15}{100} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ W}$
- $P_{\text{nuttig}} = U \cdot I \rightarrow 2,1 \cdot 10^4 = 4 \cdot I \rightarrow I = 437,5 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ A}$

Batterijen en accu's

24*****a** Hoeveel energie kan er in deze batterij worden opgeslagen?

- $U = 1,2 \text{ V} \mid I = 0,70 \text{ A} \mid t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \mid E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 1,2 \cdot 0,7 \cdot 3600 = 3024 \text{ J}$

b Hoeveel kWh is dit?

- van J naar kWh $\rightarrow$ delen door $3,6 \cdot 10^6$

- $\frac{3024}{3.600.000} = 0,00084 \text{ kWh}$

c Hoe vaak moet je de batterij opladen om één kWh energie te leveren?

- 1 batterij bevat 0,00084 kWh
- aantal keer opladen voor 1 kWh $\rightarrow \frac{1}{0,00084} = 1190$

d Hoeveel kWh kan er in deze batterij worden opgeslagen?

- $U = 1,5 \text{ V} \quad | \quad I = 1,5 \text{ A} \quad | \quad t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \quad | \quad E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{\text{el}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 3600 = 8100 \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = \frac{8100}{3.600.000} = 0,00225 \text{ kWh}$

e Hoeveel euro kost één kWh energie uit deze niet oplaadbare batterij?

• maak verhoudingstabel:

euro's	0,80	x
kWh	0,00225	1

• kruislings vermenigvuldigen:

$$1 \cdot 0,80 = 0,00225 \cdot x \rightarrow x = \frac{0,80}{0,00225} = 355,56$$

• één kWh energie uit een batterij kost € 356

f Hoeveel keer meer kost elektrische energie uit een niet oplaadbare batterij?

- één kWh energie uit een batterij kost € 356
- $\frac{355,55}{0,2} = 1778$
- elektrische energie uit een niet oplaadbare batterij kost 1778 keer zoveel als uit het lichtnet.

25***

a Bereken hoeveel minuten de accu's de elektromotor met maximaal vermogen kunnen aandrijven.

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = 12 \text{ A} \quad | \quad t = 9,0 \text{ uur} = 3,24 \cdot 10^4 \text{ s} \quad | \quad E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = U \cdot I \cdot t \rightarrow E = 230 \cdot 12 \cdot 3,24 \cdot 10^4 = 8,9424 \cdot 10^7 \text{ J}$
- beschikbare energie $0,75 \cdot 8,9424 \cdot 10^7 = 6,7068 \cdot 10^7 \text{ J}$
- $E = 6,7068 \cdot 10^7 \quad | \quad P = 42 \text{ kW} = 42 \cdot 10^3 \text{ W} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 6,7068 \cdot 10^7 = 42 \cdot 10^3 \cdot t \rightarrow t = 1596,86 \text{ s} = 26,61 = 27 \text{ minuten}$

26*****a** Hoeveel elektrische energie kan de CR2032 opslaan uitgedrukt in kWh?

- capaciteit 235 mAh $\rightarrow Q = 0,235 \cdot 60 \cdot 60 = 846 \text{ C}$
- $Q = 846 \text{ C} \mid U = 3,0 \text{ V} \mid E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = Q \cdot U \rightarrow E_{\text{el}} = 846 \cdot 3 = 2538 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ J}$

b Hoe groot is de weerstand R van de klok?

- $Q = 2 \cdot 846 = 1692 \text{ C} \mid t = 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s} \mid I = \dots \text{ A}$
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow I = \frac{1692}{3,1536 \cdot 10^7} = 5,3653 \cdot 10^{-5} \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 6 = 5,3653 \cdot 10^{-5} \cdot R \rightarrow R = 1,1183 \cdot 10^5 = 1,1 \cdot 10^5 \Omega$

c Hoe groot is de energiedichtheid van een CR2032 in kWh/m³?

- $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot (1,0 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,00531 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
- $E_{\text{el}} = 2538 \text{ J} \rightarrow E_{\text{el}} = \frac{2538}{3,6 \cdot 10^6} = 7,05 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}$
- energiedichtheid in kWh / m³ $\rightarrow \frac{7,05 \cdot 10^{-4}}{1,00531 \cdot 10^{-6}} = 701,28 = 7,0 \cdot 10^2 \text{ kWh / m}^3$

d Komt dit overeen met je antwoord op vraag c?

- $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ liter}$
- $700 \text{ kWh / m}^3 = 700 \text{ Wh / liter} \rightarrow \text{komt overeen}$

27*****a** Hoe groot is de capaciteit van deze accu in Ah?

- $E_{\text{el}} = 496 \text{ Wh} = 496 \cdot 60 \cdot 60 = 1,7856 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = 1,7856 \cdot 10^6 \text{ C} \mid U = 36 \text{ V} \mid Q = \dots \text{ C}$
- $E_{\text{el}} = Q \cdot U \rightarrow 1,7856 \cdot 10^6 = Q \cdot 36 \rightarrow Q = 4,96 \cdot 10^4 \text{ C}$
- de capaciteit is $\frac{4,96 \cdot 10^4}{60 \cdot 60} = 13,778 = 14 \text{ Ah}$

b Hoeveel uur duurt het om een lege accu volledig op te laden?

- $Q = 4,96 \cdot 10^4 \text{ C} \mid I = 3,0 \text{ A} \mid t = \dots \text{ s}$
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow 4,96 \cdot 10^4 = 3 \cdot t \rightarrow t = 1,65333 \cdot 10^4 \text{ s}$
- $t = \frac{1,6533 \cdot 10^5}{60 \cdot 60} = 4,5926 = 4,6 \text{ uur} \quad (4 \text{ h en } 36 \text{ min})$

c Hoe groot is de energiedichtheid in Wh/kg?

- $E_{\text{el}} = 496 \text{ Wh} \mid m = 3,2 \text{ kg}$
- energiedichtheid in Wh / kg $\rightarrow \frac{496}{3,2} = 155 = 1,6 \cdot 10^2 \text{ Wh / kg}$

d Hoe groot is de stroomsterkte van de elektromotor als het vermogen maximaal is?

- $P = 250 \text{ W} \quad | \quad U = 36 \text{ V} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I \rightarrow 250 = 36 \cdot I \rightarrow I = 6,9444 = 6,9 \text{ A}$

d Welke afstand kun je afleggen voordat de accu leeg is?

- $E_{\text{el}} = 496 \text{ Wh} \quad | \quad P = 100 \text{ W} \quad | \quad t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 496 = 100 \cdot t \rightarrow t = 4,96 \text{ h}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 25 \cdot 4,96 = 124 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ km}$

28***

a Bereken de actieradius van de auto bij gemiddeld energieverbruik.

- Energie in de accu's: $E = 55 \text{ kWh}$
- Energie per km: $E = 0,17 \text{ kWh/km}$
- Afstand = $\frac{55}{0,17} = 323,5 = 3,2 \cdot 10^2 \text{ km}$

b Bereken het energieverbruik per km (in kWh/km) van de auto bij topsnelheid.

- Bij 190 km/h wordt 1 km afgelegd in 1/190 uur
- $E = P \cdot t$
- Nuttige energie per km: $E_{\text{nuttig}} = 92 \cdot \frac{1}{190} = 0,4842 \text{ kWh/km}$
- $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $79 = \frac{0,4842}{E_{\text{in}}} \cdot 100 \rightarrow E_{\text{in}} = \frac{0,4842}{79} \cdot 100 = 0,6129 = 0,61 \text{ kWh/km}$

c Bereken de actieradius van de auto bij topsnelheid.

- Afstand = $\frac{55}{0,6129} = 89,74 = 90 \text{ km}$

6.7 Variabele weerstand en spanningsdeler

- 1*****
- a** Teken het schakelschema met daarin de voltmeter en de ampèremeter.
- ampèremeter vlak voor of vlak na het lampje in de stroomkring
 - voltmeter over het lampje (niet in de stroomkring)
- b** Bepaal de stroomsterkte door het gedeelte SB van de regelbare weerstand. Geef de uitkomst in 2 significante cijfers.
- $U_{SB} = 90 \text{ V}$ aflezen geeft : $I_{\text{door de lamp}} = 0,16 \text{ A}$
 - $U_{AS} = 230 \text{ V} - 90 \text{ V} = 140 \text{ V}$
 - $I_{AS} = \frac{140}{518} = 0,2703 \text{ A}$
 - $I_{AS} = I = I_{SB} + I_{\text{lamp}}$
 - $I_{SB} = I - I_{\text{lamp}} \rightarrow I_{SB} = 0,2703 - 0,16 = 0,11 \text{ A}$
- 2*****
- a** Bereken het rendement van de motor.
- $E_{\text{nut}} = 2,30 \text{ J}$
 - $E_{\text{in}} = U \cdot I \cdot t = 6,0 \cdot 0,25 \cdot 3,8 = 5,70 \text{ J}$
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$
 - $\eta = \frac{2,30}{5,70} \cdot 100\% = 40,4\%$
- b** Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- $R_{AS} = \frac{6,4}{20} \cdot 40 = 12,8 \Omega$
 - $R_{BS} = 40 - 12,8 = 27,2 \Omega$
 - weerstand motor $\rightarrow R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{6,0}{0,25} = 24 \Omega$
 - $\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{R_{BS}} + \frac{1}{R_M}$
 - $\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{27,2} + \frac{1}{24} \rightarrow R_{\text{par}} = 12,75 \Omega$
 - $R_{\text{tot}} = 12,75 + 12,8 = 25,55 \Omega$
 - $I_{\text{bron}} = \frac{U}{R_{\text{tot}}} \rightarrow I_{\text{bron}} = \frac{12}{25,55} = 0,4697 = 0,47 \text{ A}$

3 ****

a Teken in figuur 1 de stroommeter en de spanningsmeter op de juiste plaats in de schakeling.

- stroommeter in de stroomkring vlak voor het lampje (dus niet de totale stroom meten)
- voltmeter over het lampje (dus niet over de spanningsbron)

b Bepaal de weerstand van R .

- spanning over de lampjes: $U_{\text{lampje}} = 10 - 4,5 = 5,5 \text{ V}$
- aflezen: stroom door $L_1 = 50 \text{ mA}$; stroom door $L_2 = 30 \text{ mA}$
- totale stroom: $I = I_{L1} + I_{L2} = 50 + 30 = 80 \text{ mA}$
- stroom door R = 80 mA ; spanning over R = 4,5 V
- $R = 4,5 / 80 \cdot 10^{-3} = 56,25 = 56 \Omega$

c Bepaal de sterkte van de stroom door de stroommeter.

- serieschakeling $\rightarrow I = I_{L1} = I_{L2}$
- $U_{L1} + U_{L2} = 10$
- schuif met je geodriehoek horizontaal over de grafiek en kijk wanneer de som van de spanningen 10 is $\rightarrow$
- bij 34 mA brandt L_1 op 2,2 V en L_2 op 7,8 V
- de stroommeter geeft $I = 34 \text{ mA}$ aan

6.8 De regels van Kirchhoff

1**

a Geef de stroomregels voor de knopen K1 en K2.

- $I_{in} = I_{uit}$
- K1 $I_{bron} = I_1 + I_2$
- K2 $I_1 + I_2 = I_{bron}$

b Geef de spanningsregels voor de lussen L1 en L2.

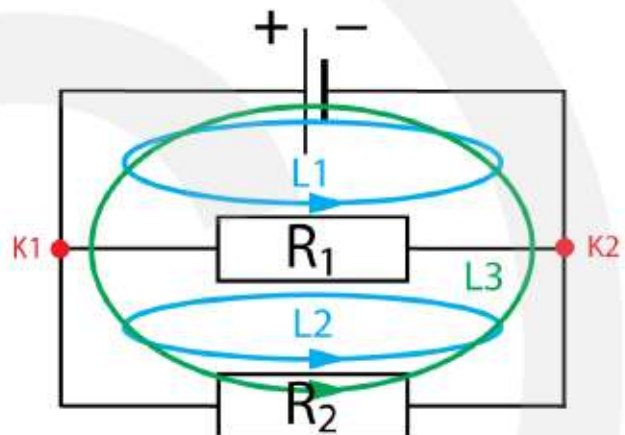
- $U_{dalen} = U_{stijgen}$
- L1 $U_1 = U_{bron}$
- L2 $U_2 = U_{bron}$

c Teken deze lus en geef de spanningsregel voor L3.

- zie figuur

d Leid de formule voor R_{tot} af.

- $I_{bron} = I_1 + I_2$
- $I_{bron} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$
- $I_{bron} = \frac{U_{bron}}{R_1} + \frac{U_{bron}}{R_2} \rightarrow I_{bron} = U_{bron} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$
- $\frac{I_{bron}}{U_{bron}} = \frac{1}{R_{tot}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$



2**

a Geef in de figuur de knopen en de lussen aan.

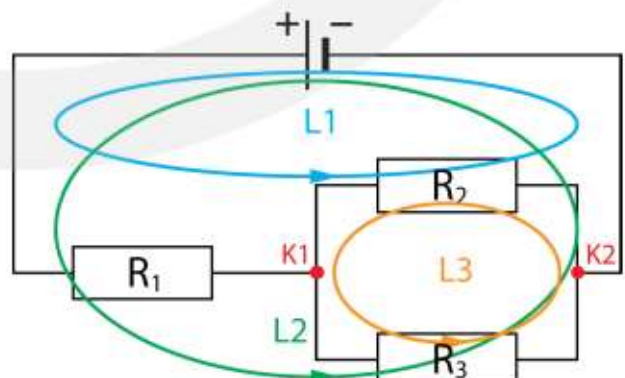
- zie figuur

b Geef de stroomregels voor de knopen K1 en K2.

- $I_{in} = I_{uit}$
- K1 $I_1 = I_2 + I_3$
- K2 $I_2 + I_3 = I_{bron}$

c Geef de spanningsregels voor de lussen L1, L2 en L3.

- $U_{dalen} = U_{stijgen}$
- L1 $U_1 + U_2 = U_{bron}$
- L2 $U_1 + U_3 = U_{bron}$



- L2 $U_3 = U_2$

+ d Toon dit aan met behulp van de regels van Kirchhoff.

- K2 $I_2 + I_3 = I_{\text{bron}} \rightarrow I_{\text{bron}} = \frac{U_2}{R} + \frac{U_3}{R} = (U_2 + U_3) \cdot \frac{1}{R}$

- L3 $U_3 = U_2$

- combineer $\rightarrow I_{\text{bron}} = 2 \cdot U_2 \cdot \frac{1}{R} \rightarrow U_2 = \frac{R \cdot I_{\text{bron}}}{2}$

- K1 en K2 geeft $I_1 = I_{\text{bron}}$

- L1 $U_1 + U_2 = U_{\text{bron}} \rightarrow R \cdot I_{\text{bron}} + \frac{R \cdot I_{\text{bron}}}{2} = U_{\text{bron}}$

- $R \cdot I_{\text{bron}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2}\right) = U_{\text{bron}} \rightarrow \frac{U_{\text{bron}}}{I_{\text{bron}}} = R_{\text{tot}} = \frac{3}{2} \cdot R$

- $\frac{U_{\text{bron}}}{I_{\text{bron}}} = R_{\text{tot}} = \frac{3}{2} \cdot R$

3 ****

a Gebruik de regels van Kirchhoff om de stroomsterktes I_1 , I_2 en I_3 te berekenen.

- L1 $U_1 + U_2 = U_{\text{bron}}$

- L2 $U_1 + U_3 = U_{\text{bron}}$

- K1 $I_1 = I_2 + I_3$

- gebruik de wet van ohm

- L1 $I_1 \cdot 100 + I_2 \cdot 200 = 20 \rightarrow I_1 = 0,2 - I_2 \cdot 2$

- L2 $I_1 \cdot 100 + I_3 \cdot 500 = 20 \rightarrow I_1 = 0,2 - I_3 \cdot 5$

- gelijkstellen $0,2 - I_2 \cdot 2 = 0,2 - I_3 \cdot 5 \rightarrow I_2 \cdot 2 = I_3 \cdot 5 \rightarrow I_3 = \frac{2}{5} \cdot I_2 = 0,4 \cdot I_2$

- $I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_1 = I_2 + 0,4 \cdot I_2 \rightarrow I_1 = 1,4 \cdot I_2$

- $I_1 = 0,2 - I_2 \cdot 2 \rightarrow 1,4 \cdot I_2 = 0,2 - I_2 \cdot 2$

- $3,4 \cdot I_2 = 0,2 \rightarrow I_2 = 0,0588 \text{ A} = 59 \text{ mA}$

- $I_1 = 0,2 - 2 \cdot 0,0588235 = 0,082353 \text{ A} = 82 \text{ mA}$

- $I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_3 = I_1 - I_2 \rightarrow I_3 = 82 - 59 = 23 \text{ mA}$

4***

a Bereken de stroomsterkte door de bovenste en door de onderste tak.

- bovenste tak: $I_1 = \frac{5}{25} = 0,20 \text{ A}$
- onderste tak: $I_2 = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ A}$

b Teken deze lussen.

- zie figuur

c Geef de spanningsregel voor deze twee lussen. Gebruik U voor de spanning die de voltmeter aangeeft.

- L1: $U - 20 \cdot 0,125 + 10 \cdot 0,2 = 0$
- L2: $U + 20 \cdot 0,125 - 15 \cdot 0,2 = 0$

d Bereken wat de voltmeter aangeeft.

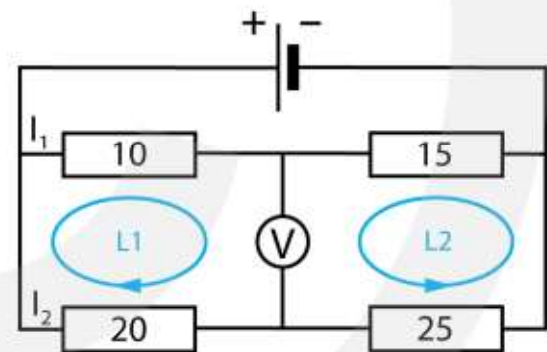
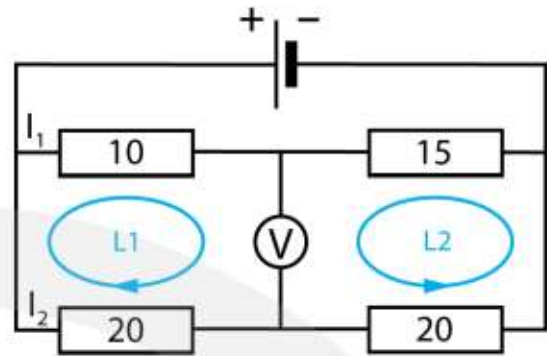
- via L1: $U - 2,5 + 2 = 0 \rightarrow U = 2,5 - 2 = 0,50 \text{ V}$
- via L2: $U + 2,5 - 3,0 = 0 \rightarrow U = 3,0 - 2,5 = 0,50 \text{ V}$

e Bereken wat de voltmeter aangeeft.

- bovenste tak: $I_1 = \frac{5}{25} = 0,20 \text{ A}$
- onderste tak: $I_2 = \frac{5}{45} = 0,1111 \text{ A}$
- L1: $U - 20 \cdot 0,1111 + 10 \cdot 0,2 = 0$
- $U - 2,222 + 2 = 0 \rightarrow U = 0,22 \text{ V}$

CONTROLE

- L2: $U + 25 \cdot 0,1111 - 15 \cdot 0,2 = 0$
- $U + 2,778 - 3,0 = 0 \rightarrow U = 3,0 - 2,778 = 0,22 \text{ V}$



5***

a Geef de spanningsvergelijkingen voor deze vier lussen.

- $U_{\text{dalen}} = U_{\text{stijgen}}$
- L1 $U_1 + U_2 = U_{\text{bron}}$
- L2 $U_4 + U_5 = U_{\text{bron}}$
- L3 $U_1 + U_3 + U_5 = U_{\text{bron}}$
- L4 $U_4 - U_3 + U_2 = U_{\text{bron}}$

b Bereken met behulp van deze vier vergelijkingen de spanning over de weerstanden U_2 , U_3 en U_4 .

- L1 $2 + U_2 = 12 \rightarrow U_2 = 12 - 2 = 10 \text{ V}$
- L2 $U_4 + 8 = 12 \rightarrow U_4 = 12 - 8 = 4,0 \text{ V}$

- L3 $U_1 + U_3 + U_5 = U_{\text{bron}} \rightarrow 2 + U_3 + 8 = 12 \rightarrow U_3 = 12 - 8 - 2 = 2,0 \text{ V}$

CONTROLE

- L4 $U_4 - U_3 + U_2 = U_{\text{bron}} \rightarrow 4 - U_3 + 10 = 12 \rightarrow U_3 = 4 + 10 - 12 = 2,0 \text{ V}$

c Geef de stroomvergelijkingen voor de knooppunten K1 t/m K4.

- $I_{\text{in}} = I_{\text{uit}}$
- K1 $I_{\text{bron}} = I_1 + I_4$
- K2 $I_1 = I_2 + I_3$
- K3 $I_2 + I_5 = I_{\text{bron}}$
- K4 $I_3 + I_4 = I_5$

(we gaan er van uit dat de stroom van K2 naar K4 gaat, je bent vrij om dit te kiezen)

d Bereken de stroomsterkte door iedere weerstand.

- K1 $I_{\text{bron}} = I_1 + I_4 \rightarrow 0,5 = I_1 + 0,3 \rightarrow I_1 = 0,5 - 0,3 = 0,20 \text{ A}$
- K3 $I_2 + I_5 = I_{\text{bron}} \rightarrow I_2 + 0,1 = 0,5 \rightarrow I_2 = 0,5 - 0,1 = 0,40 \text{ A}$
- K2 $I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow 0,2 = 0,4 + I_3 \rightarrow I_3 = 0,2 - 0,4 = -0,20 \text{ A}$

(het minteken geeft aan dat de stroom van K4 naar K2 stroomt)

CONTROLE

- K4 $I_3 + 0,3 = 0,1 \rightarrow I_3 = 0,1 - 0,3 = -0,20 \text{ A}$

e Bereken de totale weerstand van deze schakeling.

- $U_{\text{bron}} = 12 \text{ V} \mid I_{\text{bron}} = 0,50 \text{ A} \mid R_{\text{tot}} = \dots \Omega$
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 12 = 0,5 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 24 \Omega$

6**** a Geef de drie lusvergelijkingen.

- bovenste lus: (1) $50 = 60 \cdot I_2 - 40 \cdot I_3$
- onderste lus: (2) $100 + 50 = 60 \cdot I_2 + 10 \cdot I_1$
- lus rondom: (3) $100 = 40 \cdot I_3 + 10 \cdot I_1$

b Geef de knoopvergelijking.

- $I_1 = I_2 + I_3$

+ c Bereken I_1 , I_2 en I_3 .

- vergelijking (2) min vergelijking (1) $\rightarrow 100 = 10 \cdot I_1 + 40 \cdot I_3$
- delen door 10 $\rightarrow 10 = I_1 + 4 \cdot I_3 \rightarrow I_1 = 10 - 4 \cdot I_3$
- $I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow 10 - 4 \cdot I_3 = I_2 + I_3 \rightarrow I_2 = 10 - 5 \cdot I_3$
- substitueer in vergelijking (1) $\rightarrow 50 = 60 \cdot (10 - 5 \cdot I_3) - 40 \cdot I_3$
- $50 = 600 - 300 \cdot I_3 - 40 \cdot I_3 = 600 - 340 \cdot I_3$

- $340 \cdot I_3 = 550 \rightarrow I_3 = \frac{550}{340} = 1,617647 \rightarrow I_3 = 1,6 \text{ A}$
- $I_2 = 10 - 5 \cdot I_3 \rightarrow I_2 = 10 - 5 \cdot 1,617647 = 1,911765 \rightarrow I_2 = 1,9 \text{ A}$
- $I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_1 = 1,911765 + 1,617647 = 3,529412 \rightarrow I_1 = 3,5 \text{ A}$

6.9 Bijzondere weerstanden

GEEN OPGAVEN

6.10 Elektriciteit in huis

GEEN OPGAVEN

Examenvragen havo

Verwarmingslint

- 2p **a** Leg met behulp van figuur 2 uit waarom dit aan te bevelen is.
- ook bij een hoge temperatuur als er geen bevroeringsgevaar is geeft het lint warmte af 1
 - je bespaart energie als je de stekker uit het stopcontact haalt 1
- OOK GOED
- 4p **b** Bepaal de weerstand van een lint van één meter als de buitentemperatuur $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ is.
- aflezen: bij $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ is het vermogen 15 W (marge $0,2\text{ W}$) 1
 - $P = U \cdot I \rightarrow 15 = 230 \cdot I \rightarrow I = 6,521739 \cdot 10^{-2}\text{ A}$ 1
 - gebruik $U = I \cdot R$ 1
 - $230 = 6,521739 \cdot 10^{-2} \cdot R \rightarrow R = 3,526667 \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^3\text{ }\Omega$ 1
- 3p **c** Leg met behulp van bovenstaande informatie uit welke situatie, A of B, bij een lage buitentemperatuur hoort.
- bij een lage temperatuur is het vermogen groot 1
 - $P = U \cdot I$ en $U = 230\text{ V} \rightarrow$ bij een lage temperatuur is de stroomsterkte groot 1
 - parallelschakeling: veel parallelle takken geef kleine vervangingsweerstand dus situatie A hoort bij een lage buitentemperatuur 1
- 3p **d** Leg uit of de weerstand van een verwarmingslint met een lengte van 2 meter groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de weerstand van een lint met een lengte van 1 meter. Neem daarbij aan dat de temperatuur van beide linten gelijk is.
- een lint van 2 meter heeft meer geleidende verbindingen dan een lint van 1 meter 1
 - de verbindingen (weerstand) zijn parallel $\rightarrow$ de stroomsterkte is groter 1
 - de weerstand van een lint van 2 meter is kleiner 1

Valentijnshart

- 2p **a** Bereken de spanning tussen de polen van de batterij.
- de spanning tussen de polen is $U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}$ 1
 - $3,0 + 1,5 + 4,0 = 8,5\text{ V}$ 1
- 2p **b** Teken in figuur 3 de verbindingsdraden die nodig zijn om deze stroomsterkte te meten.
- stroomkring gesloten 1
 - ampèremeter in de kring 1



- 3p **c** Bereken bij deze stroomsterkte het elektrisch vermogen van lampje 10.
- lampje 10: $U = U_{BC} = 1,5 \text{ V}$ en $I = I_{bron} = 0,225 \text{ A}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $P = 1,5 \cdot 0,225 = 0,3375 = 0,34 \text{ W}$ 1
- 4p **d** Leg uit of de weerstand van lampje 1 groter of kleiner is dan de weerstand van lampje 10. Vergelijk daartoe de stroomsterkte door deze lampjes en de spanning over deze lampjes.
- inzicht $R = \frac{U}{I}$ 1
 - de spanning over lampje 1 is groter dan de spanning over lampje 10 1
 - de stroomsterkte door lampje 1 is kleiner dan de stroomsterkte door lampje 10 1
 - de weerstand van lampje 1 is dus (veel) groter dan de weerstand van lampje 10 1
- 3p **e** Leg uit of lampje 10 nu feller of minder fel brandt.
- als 7 lampjes zijn losgemaakt is de totale weerstand groter 1
 - de totale stroomsterkte neemt hierdoor af (en de spanning over lampje 10 neemt hierdoor ook af) 1
 - lampje 10 gaat minder fel branden 1

Fiets met pedaalbekrachtiging (aangepast)

- 2p **a** Leg uit hoe dit uit de figuur 1 blijkt.
- tot 16 km/h is de verhouding $\frac{P_{motor}}{P_{fietser}}$ gelijk aan 1,00 1
 - dus 16 km/h geldt: $P_{motor} = P_{fietser}$ 1
- 4p **b** Bereken hoe groot de totale wrijvingskracht op de fiets is bij deze snelheid.
- gebruik $P = F \cdot v$ 1
 - inzicht $P = 2 \cdot 28 = 56 \text{ W}$ 1
 - $56 = F \cdot \frac{16}{3,6} \rightarrow F = 12,6 \text{ N}$ 1
 - inzicht constante snelheid $F_w = F = 12,6 = 13 \text{ N}$ 1
- 4p **c** Bereken de afstand die de fietser kan afleggen bij een snelheid van 16 km/h tot de accu leeg is.
- $\eta = \frac{E_{nut}}{E_{in}} \cdot 100\% \rightarrow 54 = \frac{E_{nut}}{0,32} \cdot 100\% \rightarrow E_{in} = 0,1728 \text{ kWh}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t$ met $P = 28 \text{ W} = 0,028 \text{ kW}$ 1
 - $0,1728 = 0,028 \cdot t \rightarrow t = 6,1714 \text{ h}$ 1
 - $s = v_{gem} \cdot t \rightarrow s = 16 \cdot 6,17153 = 98,743 = 99 \text{ km}$ 1

- 3p **d** Leg uit welke bewering, a, b, c of d, juist is.
- bij 25 km/h is er meer wrijving en is het totale vermogen groter dan bij 16 km/h 1
 - bij 25 km/h levert de motor geen vermogen meer 1
 - de fietser moet meer dan 56 W leveren, dus antwoord d 1
- 4p **e** Bereken de stroomsterkte die het lichtnet levert tijdens het opladen.
- $t = 4,5 \text{ h} = 16200 \text{ s}$ 1
 - $E = P \cdot t \rightarrow 1,15 \cdot 10^6 = P \cdot 16200 \rightarrow P = 70,98765 \text{ W}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $70,98765 = 230 \cdot I \rightarrow 0,30864 = 0,31 \text{ A}$ 1
- 2p **f** Noem één argument dat deze uitspraak ondersteunt en noem één argument dat je tegen deze uitspraak kunt inbrengen.
- VOOR:
 - de fiets produceert geen uitlaatgassen
 - de motor lever alleen vermogen als het nodig is
 - de fiets gebruikt weinig energie
 - TEGEN:
 - een gewone fiets gebruikt geen elektrische energie
 - de opwekking van elektriciteit kan milieubelastend zijn
 - een versleten accu belast het milieu

Inschakelen van een lampje

- 2p **a** Geef de reden waarom ze dat doet.
- inzicht dat de spanning in een serieschakeling zich verdeelt 1
 - als R te groot is staat er geen 6 V meer over het lampje 1
- 4p **b** Bepaal de weerstandswaarde van het lampje op $t = 0 \text{ s}$.
- op $t=0$ is de stroomsterkte 0,35 A 1
 - $U_{\text{bron}} = R_{\text{tot}} \cdot I_{\text{bron}} \rightarrow 6 = R_{\text{tot}} \cdot 0,35 \rightarrow R_{\text{tot}} = 17,143 \Omega$ 1
 - inzicht: $R_{\text{tot}} = R + R_{\text{lampje}}$ 1
 - $17,143 = 2 + R_{\text{lampje}} \rightarrow R_{\text{lampje}} = 15,143 = 15 \Omega$ 1
- 2p **c** Geef hiervoor een verklaring.
- door het inschakelen van de stroom stijgt de temperatuur van de gloeidraad 1
 - hierdoor neemt de weerstand van het lampje toe 1
- 4p **d** Bepaal het vermogen dat het lampje opneemt als de stroomsterkte constant is geworden.
- op $t = 0,050 \text{ s}$ is de stroomsterkte 0,080 A 1
 - $U_{\text{bron}} = U_R + U_{\text{lampje}} \rightarrow 6 = 2 \cdot 0,08 + U_{\text{lampje}} \rightarrow U_{\text{lampje}} = 5,84 \text{ V}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $P = 5,84 \cdot 0,080 = 0,4672 = 0,47 \text{ W}$ 1

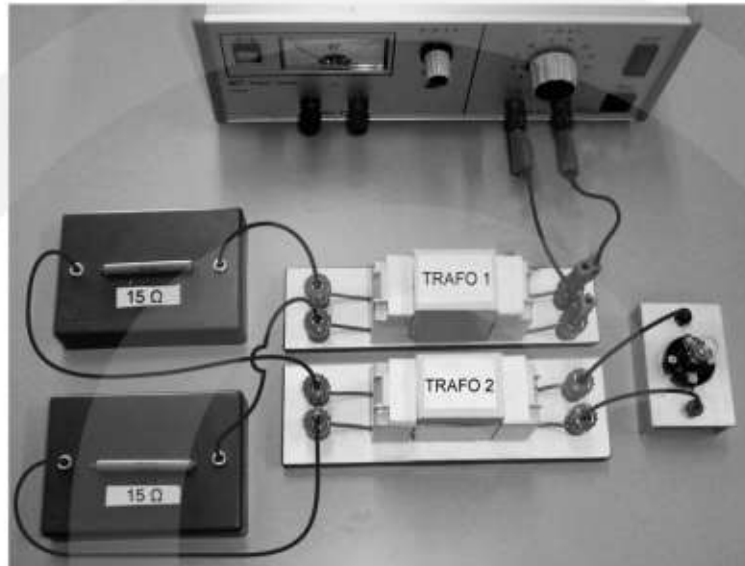
Achterrautverwarming

- 3p **a** Bereken hoe lang het minimaal duurt om dit ijs te smelten.
- $334 \cdot 10^3 \text{ J per kg} \rightarrow 334 \cdot 10^3 \cdot 0,220 = 7,348 \cdot 10^4 \text{ J nodig voor 220 gram}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t$ 1
 - $7,348 \cdot 10^4 = 180 \cdot t \rightarrow t = 408,222 = 408 \text{ s}$ 1
- 2p **b** Noem twee redenen waarom het smelten in de praktijk (iets) langer duurt.
- niet alleen het ijs maar ook de achterraut neemt warmte op 1
 - het duurt tijd voordat ijs dat op afstand van de draad ligt warmte opneemt 1
 - het ijs moet eerst verwarmd worden tot het smeltpunt (maximaal 2 punten)
- 4p **c** Toon aan dat de weerstand van één verwarmingsdraad $11,8 \Omega$ is.
- $P = U \cdot I \rightarrow 180 = 12,8 \cdot I \rightarrow I = 14,0625 \text{ A}$ 1
 - $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 12,8 = 14,0625 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 0,910222 \Omega$ 1
 - inzicht $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = 13 \cdot \frac{1}{R_{\text{draad}}}$ 1
 - $\frac{1}{0,910222} = 13 \cdot \frac{1}{R_{\text{draad}}} \rightarrow R_{\text{draad}} = 11,8329 = 11,8 \Omega$ 1
- 4p **d** Ga na of de opgave van de fabrikant klopt.
- gebruik $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 1
 - $A = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2 = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ 1
 - $11,8 = \rho \cdot \frac{1,1}{4,2 \cdot 10^{-8}} \rightarrow \rho = 4,518 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m}$ 1
 - opzoeken $\rho = 0,45 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m} \rightarrow$ klopt 1
- 2p **e** Leg uit of de stroom die de accu dan aan de achterrautverwarming levert kleiner of groter is dan ervoor of even groot blijft.
- er gaat geen stroom meer door de kapotte draad en de stroomsterkte door de andere draden blijft gelijk 1
 - de accu levert een kleinere stroomsterkte 1
- 3p **f** Wat kun je zeggen van de spanning tussen de punten P en Q en van de spanning tussen de punten R en S? Zet daartoe in de tabel op de juiste plaatsen een kruisje. Leg je antwoord uit.
- één spanning juist 1
 - de tweede spanning juist 1
- UITLEG
- $U_{\text{bron}} = 12,8 \text{ V}$ staat tussen P en Q
 - RS op korte afstand van elkaar $\rightarrow$ weerstand RS klein
 - $U_{\text{RS}} \approx 0 \text{ V}$ 1

	(vrijwel) 0 V	(vrijwel) 12,8 V
U_{PQ}		X
U_{RS}	X	

Transport van elektrische energie

- 3p **a** Teken in figuur 2 de overige verbindingsdraden zodat de schakeling van figuur 1 ontstaat.
- verbinden van de uitgang van de eerste transformator met de weerstanden 1
 - verbinden van de weerstanden met de ingang van de tweede transformator 1
 - aansluiten van lampje op de tweede transformator 1



- 4p **b** Bereken de lengte, in km, van zo'n hoogspanningskabel met een weerstand van 15Ω .
- gebruik $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 1
 - opzoeken $\rho_{\text{aluminium}} = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ 1
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (1,25 \cdot 10^{-2})^2 = 4,90874 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ 1
 - $15 = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\ell}{4,90874 \cdot 10^{-4}} \rightarrow \ell = 2,727077 \cdot 10^5 \text{ m} = 2,7 \cdot 10^2 \text{ km}$ 1

- 4p **c** Beantwoord de volgende vragen:
- Noem een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium de voorkeur verdient en geef aan welk voordeel dit oplevert.
 - Noem ook een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium niet de voorkeur verdient en geef aan welk nadeel dit oplevert.

VOORDEEL aluminium

- aluminium is lichter dan koper (heeft een kleinere dichtheid) 1
- hierdoor zijn er minder masten nodig (minder kracht op een mast) 1

NADEEL aluminium

- aluminium geleidt minder goed dan koper (grotere soortelijke weerstand) 1
- aluminium is minder sterk dan koper (kleinere elasticiteitsmodulus) 1
- OOK GOED aluminium heeft een grotere uitzettingscoëfficiënt en buigt bij hoge temperatuur ver door

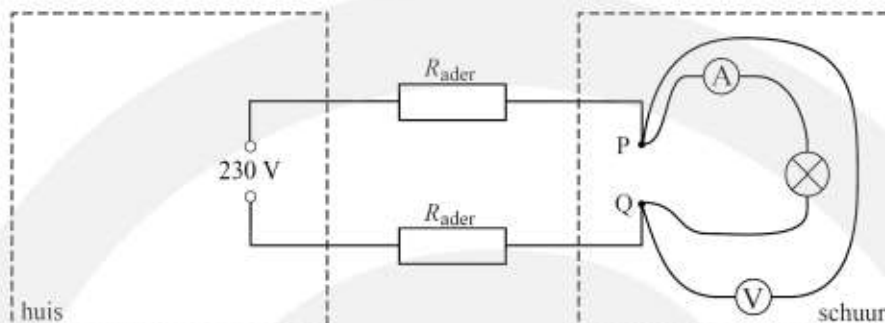
- 2p **d** Leg uit wat het voordeel is van hoogspanning bij energietransport.
- als de spanning omhoog wordt gebracht wordt de stroomsterkte kleiner 1
 - hierdoor wordt het verlies aan vermogen in de kabels kleiner 1
- 4p **e** Controleer met een berekening of de gebruikte transformatoren ideaal zijn.
- bereken $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}} \rightarrow P_{\text{bron}} = 6,7 \cdot 0,55 = 3,685 \text{ W}$ en $P_{\text{lamp}} = U_{\text{lamp}} \cdot I_{\text{lamp}} \rightarrow P_{\text{lamp}} = 3,2 \cdot 0,33 = 1,056 \text{ W}$ 1
 - $P_{\text{verlies}} = I^2 \cdot R \rightarrow P_{\text{verlies}} = (30 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2 \cdot 15 = 0,027 \text{ W}$ 1
 - inzicht $P_{\text{bron}} = P_{\text{lamp}} + P_{\text{verlies}}$ 1
 - $P_{\text{bron}} = 3,685 \text{ W}$ en $P_{\text{lamp}} + P_{\text{verlies}} = 1,083 \text{ W} \rightarrow$ transformatoren zijn niet ideaal 1

Kabelhaspel

- 2p **a** Bereken de stroomsterkte die maximaal door deze kabel mag gaan als hij afgerold is.
- $P = U \cdot I \rightarrow 3500 = 230 \cdot I$ 1
 - $I = 15,2174 = 15,2 \text{ A}$ 1
- 2p **b** Leg uit waarom op de opgerolde kabel veel minder vermogen mag worden aangesloten dan op de afgerolde kabel.
- een opgerolde kabel kan minder warmte aan de omgeving afstaan 1
 - hierdoor loopt de temperatuur in de kabel op wat gevaarlijk kan zijn 1
- 4p **c** Bereken de weerstand van één ader.
- gebruik $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 1
 - opzoeken $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ 1
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (0,50 \cdot 10^{-3})^2 = 7,85398 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ 1
 - $R = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{40}{7,85398 \cdot 10^{-7}} = 0,8658 = 0,87 \Omega$ 1
- 4p **d** Leg uit waarom. Bespreek daartoe achtereenvolgens hoe door het aansluiten van de straalkachel de volgende grootheden veranderen:
- de vervangingsweerstand,
 - de stroomsterkte door de aders van de kabel,
 - de spanning over de aders van de kabel,
 - de spanning over de lamp.
- de vervangingsweerstand wordt kleiner als de kachel wordt aangesloten 1
 - hierdoor wordt de stroomsterkte door de aders groter 1
 - hierdoor neemt de spanning over de aders toe 1
 - hierdoor neemt de spanning over de lamp af 1

Stopcontact in schuur

- 3p **a** Teken in figuur 2 de noodzakelijke verbindingsdraden.
- de stroommeter en de lamp in serie geschakeld 1
 - de spanningsmeter over het lampje (of op de punten P en Q) 1
 - beide meters goed 1



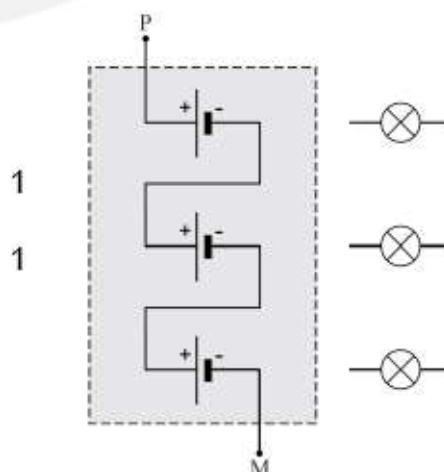
- 3p **b** Leg met behulp van figuur 3 uit welk apparaat de kleinste weerstand heeft.
- inzicht dat de stroomsterkte door de straalkachel is het grootst is 1
 - inzicht dat de spanning over de straalkachel is het kleinst is 1
 - conclusie: de straalkachel heeft de kleinste weerstand 1
- OOK GOED: aantonen met een berekening

- 4p **c** Bereken de weerstand van één ader. Bepaal daartoe eerst met behulp van de grafiek de spanning over elk van de aders bij een stroomsterkte van 10 A.
- bij stroomsterkte van 10 A staat over de kabel $230 - 180 = 50$ V 1
 - over één ader is de spanning $50 / 2 = 25$ V 1
 - gebruik $U_{\text{ader}} = I \cdot R_{\text{ader}}$ 1
 - $R_{\text{ader}} = \frac{25}{10} = 2,5 \Omega$ (marge 0,3 Ω) 1

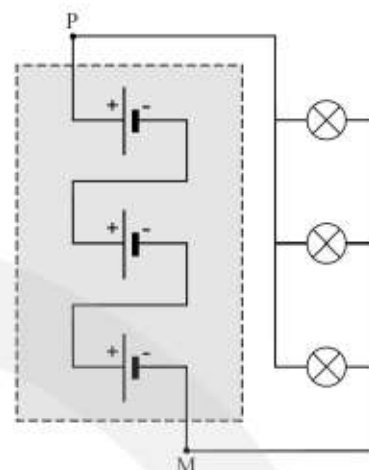
- 2p **d** Leg uit of de aders in de nieuwe kabel dunner of dikker moeten zijn dan de aders in de oude kabel.
- de weerstand van de kabel moet kleiner zijn 1
 - een dikkere kabel heeft een kleinere weerstand, dus een dikkere kabel 1

Moderne koplamp

- 2p **a** Teken in figuur 2 de verbindingsdraden tussen de batterijen.
- batterijen in serie geschakeld 1
 - de plus- en minpolen van de batterijen op de juiste manier verbonden 1



- 2p **b** Teken in figuur 2 hoe de drie lampjes op de punten P en M van de spanningsbron zijn aangesloten.
- de linkerkanten van de lampjes verbonden met één van de polen
 - de rechterkanten van de lampjes verbonden met de andere pool
- 1
1
- 4p **c** Bereken hoeveel uur de koplamp kan branden.
- omrekenen $I = 0,028 \text{ A}$ en $E = 50 \cdot 10^3 \text{ J}$
 - $P = U \cdot I \rightarrow P = 4,5 \cdot 0,028 = 0,126 \text{ W}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow 50 \cdot 10^3 = 0,126 \cdot t \rightarrow t = 3,968254 \cdot 10^5 \text{ s}$
 - $t = \frac{3,968254 \cdot 10^5}{3600} = 1,1023 \cdot 10^2 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ h}$
- 2p **d** Leg uit of de stroom die de spanningsbron dan levert kleiner wordt, groter wordt of gelijk blijft.
- er gaat geen stroom meer door het kapotte lampje en de stroomsterkte door de andere lampjes blijft gelijk
 - de spanningsbron levert een kleinere stroomsterkte
- 1
1



Elektrische deken

- 1p **a** Leg dit uit met behulp van figuur 1.
- in stand I zijn de draden in serie geschakeld
- $$R_{AB} = R_{AC} + R_{BC} = 529 + 529 = 1058 \Omega$$
- 3p **b** Bereken het elektrisch vermogen van de deken in stand I.
- $U_{bron} = I_{bron} \cdot R_{tot} \rightarrow 230 = I_{bron} \cdot 1058 \rightarrow I_{bron} = 0,21739 \text{ A}$
 - gebruik $P = U \cdot I$
 - $P = 230 \cdot 0,21739 = 50,0 \text{ W}$
- 2p **c** Leg uit dat de weerstand in stand II tweemaal zo klein is als de weerstand in stand I.
- in stand II loopt er alleen stroom door de draad AC
 - $R_{AC} = 529 \Omega$ dus twee keer zo klein als in stand I
- 2p **d** Leg uit dat het vermogen in stand III tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II.
- in stand III zijn de twee draden parallel zijn geschakeld
 - de stroom in stand III is 2x zo groot als in stand I $\rightarrow$ 2x zo veel vermogen
- 1
1
1
1
1
1

Centennial light

- 4p **a** Bereken de hoeveelheid energie in kWh die deze lamp heeft verbruikt sinds 1901. Maak daartoe eerst een schatting van het totaal aantal uur dat de lamp heeft gebrand.
- $117 \text{ jaar sinds } 1901 \rightarrow 117 \cdot 365 \cdot 24 = 10,3 \cdot 10^5 \text{ h}$ (marge $0,2 \cdot 10^5 \text{ h}$) 1
 - $P = 4,0 \text{ W} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t$ 1
 - $E = 4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10,3 \cdot 10^5 = 4,12 \cdot 10^3 = 4,1 \cdot 10^3 \text{ kWh}$ 1
- 5p **b** Bereken het aantal elektronen dat in die tijd door (een doorsnede van) de gloeidraad is gestroomd.
- $P = U \cdot I \rightarrow 4 = 110 \cdot I \rightarrow I = 3,63636 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ 1
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 3,63636 \cdot 10^{-2} \cdot 10,3 \cdot 10^5 \cdot 60 \cdot 60 = 1,34836 \cdot 10^8 \text{ C}$ 1
 - $\text{inzicht aantal elektronen} = \frac{\text{totale lading}}{\text{lading 1 elektron}}$ 1
 - opzoeken lading van het elektron $1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ 1
 - $\text{aantal elektronen} = \frac{1,34836 \cdot 10^8}{1,60218 \cdot 10^{-19}} = 8,4158 \cdot 10^{26} = 8,4 \cdot 10^{26} \text{ elektronen}$ 1
- 2p **c** Leg uit of een gloeidraad van koolstof een ohmse weerstand, een PTC of een NTC is.
- inzicht: de weerstand gedraagt zich hetzelfde als de soortelijke weerstand 1
 - de weerstand neemt af als de temperatuur stijgt $\rightarrow$ dus NTC 1
- 5p **d** Bepaal de temperatuur van de brandende gloeidraad. Bereken daartoe eerst de weerstand van de gloeilamp.
- $P = U \cdot I \rightarrow 4 = 110 \cdot I \rightarrow I = 3,63636 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ 1
 - $U = I \cdot R \rightarrow 110 = 3,63636 \cdot 10^{-2} \cdot R \rightarrow R = 3,025 \cdot 10^3 \Omega$ 1
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot 3,1 \cdot 10^{-5})^2 = 7,547676 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ 1
 - $3,025 \cdot 10^3 = \rho \cdot \frac{0,14}{7,547676 \cdot 10^{-10}} \rightarrow \rho = 1,63 \cdot 10^{-5} \Omega \text{ m}$ 1
 - aflezen: temperatuur $= 1,6 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ 1
- 2p **e** Bereken de levensduur die de lamp dan zou hebben gehad.
- bereken factor $\left(\frac{110}{120}\right)^{16} = 0,24853$ 1
 - de levensduur is dan $150 \cdot 0,24853 = 37,28 = 37 \text{ jaar}$ 1

Elektriciteit op een plankje

- 4p **a** Toon met een berekening aan dat de draad van constantaan is.
- gebruik $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 1
 - $A = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2 = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ 1
 - $2 = \rho \cdot \frac{0,138}{3,1 \cdot 10^{-8}} \rightarrow \rho = 4,49275 \cdot 10^{-7} = 4,5 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m}$ 1
 - opzoeken: $\rho_{\text{constantaan}} = 0,45 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$ dus de draad is van constantaan 1
- 4p **b** Bereken de stroomsterkte die de stroommeter aanwijst.
- parallelschakeling: ($R_1 : A-B$) en ($R_2 : A-D-C-B$)
 $R_1 = 2 \Omega$ en $R_2 = 2 + 2 + 2 = 6 \Omega$ 1
 - $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{4}{6} \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{6}{4} = 1,5 \Omega$ 1
 - gebruik $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$ 1
 - $1,2 = I_{\text{bron}} \cdot 1,5 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,80 \text{ A}$ 1
- 3p **c** Bereken de spanning die de spanningsmeter aanwijst.
- inzicht $U_{AB} = 1,2 \text{ V}$ 1
 - stroomsterkte door tak ADCB is $I_{ABCD} = \frac{1,2}{2+2+2} = 0,20 \text{ A}$ 1
 - spanning tussen A en C is $U_{AC} = 0,20 \cdot (2+2) = 0,80 \text{ V}$ 1
 - OOK GOED
 - inzicht $U_{AB} = 1,2 \text{ V}$ 1
 - spanningsregel: $U_{AB} = U_{AD} + U_{DC} + U_{CB}$ 1
 - weerstanden zijn hetzelfde $\rightarrow U_{AD} = U_{DC} = U_{CB} = \frac{1,2}{3} = 0,40 \text{ V}$ 1
 - voltmeter: $U_{AD} + U_{DC} = 0,4 + 0,4 = 0,80 \text{ V}$ 1
- 4p **d** Bereken de stroomsterktes die de stroommeters A_1 en A_2 aanwijzen.
- inzicht dat de batterij nu op twee parallelle weerstanden van $2,0 \Omega$ is aangesloten 1
 - $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1 \rightarrow R_{\text{tot}} = 1,0 \Omega$ 1
 - $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 1,2 = I_{\text{bron}} \cdot 1 \rightarrow I_{\text{bron}} = 1,2 \text{ A} \rightarrow A_1 \text{ geeft } 1,2 \text{ A}$ 1
 - $U_{CB} = I_{CB} \cdot R_{CB} \rightarrow 1,2 = I_{CB} \cdot 2,0 \rightarrow I_{CB} = \frac{1,2}{2} = 0,60 \text{ A} \rightarrow A_2 \text{ geeft } 0,60 \text{ A}$ 1

Elektrische auto

- 3p **a** Bereken de actieradius van de Twizy bij gemiddeld energieverbruik.
- inzicht $\text{actieradius} = \frac{\text{opslagcapaciteit accu}}{\text{energieverbruik per km}}$ 1
 - invullen 6,1 kWh en 0,075 kWh km⁻¹ 1
 - $\text{actieradius} = \frac{6,1}{0,075} = 81,333 = 81 \text{ km}$ 1
- 4p **b** Leg met behulp van een berekening uit of de Twizy zuiniger of minder zuinig rijdt dan deze benzineauto. Gebruik Binas tabel 28B.
- opzoeken stookwaarde benzine: $33 \cdot 10^9 \text{ J/m}^3$ 1
 - omrekenen stookwaarde $\frac{33 \cdot 10^9}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 1000} = 9,16667 \text{ kWh / liter}$ 1
 - energieverbruik Twizy over 20 km $20 \cdot 0,075 = 1,5 \text{ kWh}$
 - 20 km → 1 liter benzine → 9,2 kWh dus Twizy gebruikt minder energie 1
- 4p **c** Bereken het energieverbruik per km (in kWh km⁻¹) van de Twizy bij topsnelheid.
- inzicht één uur topsnelheid 8,5 kWh nuttige energie 1
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\% \rightarrow 87 = \frac{8,5}{E_{\text{in}}} \cdot 100 \rightarrow E_{\text{in}} = 9,77 \text{ kWh}$ 1
 - inzicht energieverbruik per km $\frac{E_{\text{in}}}{\text{afstand}}$ 1
 - $\frac{9,77}{80} = 0,122 = 0,12 \text{ kWh / km}$ 1
- 2p **d** Bereken de grootte van de totale wrijvingskracht bij topsnelheid.
- inzicht constante snelheid $\Sigma F = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_w$ 1
 - gebruik $P = F \cdot v$ 1
 - $8,5 \cdot 10^3 = F \cdot \frac{80}{3,6} \rightarrow F = F_w = 382,5 = 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 3p **e** Bereken de (gemiddelde) stroomsterkte die het elektriciteitsnet levert tijdens het opladen.
- vermogen tijdens opladen: $\frac{\text{energie van accu}}{\text{oplaadtijd}} = \frac{6,1}{3,5} = 1,74286 \text{ kW} = 1742,86 \text{ W}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $1742,86 = 230 \cdot I \rightarrow I = 7,5776 = 7,6 \text{ A}$ 1
- 3p **f** Bepaal welk type accu in de Twizy is toegepast. Leg je antwoord uit.
- opslagcapaciteit $6,1 \text{ kWh} = 6,1 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 2,196 \cdot 10^7 \text{ J}$ 1
 - energiedichtheid $\frac{2,196 \cdot 10^7}{100} = 2,196 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$ 1
 - dit is de energiedichtheid van een Li-ion accu 1

Airbus E-fan

- 2p **a** Reken deze snelheid om naar km h^{-1} .
- opzoeken $1 \text{ knoop} = 0,51444 \text{ m/s}$ 1
 - $32 \cdot 0,51444 = 16,462 \text{ m/s} \rightarrow v = 16,462 \cdot 3,6 = 59,263 = 59 \text{ km/h}$ 1
- 2p **b** Bereken de stroomsterkte die elke accu aan zijn motor levert.
- gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $4000 = 250 \cdot I \rightarrow I = 16 \text{ A}$ 1
- 3p **c** Bereken de energiedichtheid in J kg^{-1} van een accu.
- gebruik $E = P \cdot t \rightarrow E = 4000 \cdot (3600 + 600) = 1,68 \cdot 10^7 \text{ J}$ 1
 - inzicht energiedichtheid $= \frac{E_{\text{totaal}}}{m}$ 1
 - energiedichtheid $= \frac{1,68 \cdot 10^7}{40} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ 1
- 2p **d** Geef bij elke schakeling aan of de motoren juist of onjuist zijn aangesloten.
- I = onjuist | II = onjuist | III = onjuist
 - 3 goed $\rightarrow$ 2 punten | 2 goed $\rightarrow$ 1 punt 2
- 4p **e** Bereken hoeveel liter benzine deze variant minimaal verbruikt tijdens zijn vlucht.
- energieverbruik $E = P \cdot t \rightarrow E = 2 \cdot 4000 \cdot 2,5 \cdot 60 \cdot 60 = 7,2 \cdot 10^7 \text{ J}$ 1
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\% \rightarrow 35 = \frac{7,2 \cdot 10^7}{E_{\text{in}}} \cdot 100 \rightarrow E_{\text{in}} = 2,05714 \cdot 10^8 \text{ J}$ 1
 - opzoeken stookwaarde benzine $33 \cdot 10^6 \text{ J/liter}$ 1
 - benzineverbruik in 2,5 uur $\frac{2,05714 \cdot 10^8}{33 \cdot 10^6} = 6,2338 = 6,2 \text{ liter}$ 1

Examenvragen vwo

Hoogspanningskabel (aangepast)

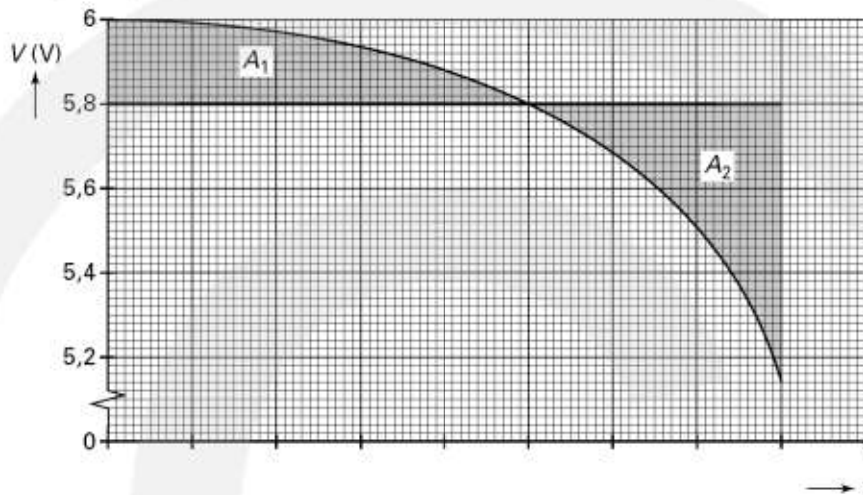
- 4p **a** Bereken het aantal koperdraden in de kabel.
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 1
 - $7,2 \cdot 10^{-2} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{3000}{A_{\text{kabel}}} \rightarrow A_{\text{kabel}} = 7,08333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ 1
 - $A_{\text{draad}} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})^2 = 5,026548 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ 1
 - aantal draden in een kabel = $\frac{A_{\text{kabel}}}{A_{\text{draad}}} = \frac{7,08333 \cdot 10^{-4}}{5,026548 \cdot 10^{-7}} = 1409,18 = 1,4 \cdot 10^3$ 1
- OOK GOED
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 1
 - voor één draad $R = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{3000}{\pi \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})^2} \rightarrow R = 101,46 \Omega$ 1
 - inzicht parallel $\rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{7,2 \cdot 10^{-2}} = \frac{n}{101,46}$ 1
 - $n = 1,40918 \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^3$ 1
- 4p **b** Bereken het vermogen dat door warmteontwikkeling in de kabel verloren gaat als de gebruikers het maximale elektrische vermogen afnemen.
- $P = U \cdot I \rightarrow 400 \cdot 10^6 = 150 \cdot 10^3 \cdot I \rightarrow I = 2,66667 \cdot 10^3 \text{ A}$ 1
 - serie $\rightarrow I_{\text{gebruikers}} = I_{\text{kabel}}$ 1
 - $U = I \cdot R \rightarrow U = 2,66667 \cdot 10^3 \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} = 192 \text{ V}$ 1
 - $P_{\text{kabel}} = U_{\text{kabel}} \cdot I_{\text{kabel}} \rightarrow P_{\text{kabel}} = 192 \cdot 2,66667 \cdot 10^3 = 5,12 \cdot 10^5 = 5,1 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1
- 4p **c** Bereken de spanning die nodig is om een verlies in de kabels van $8,0 \cdot 10^4 \text{ W}$ te krijgen.
- $P_{\text{kabels}} = U_{\text{kabels}} \cdot I_{\text{kabels}} \rightarrow 8,0 \cdot 10^4 = U_{\text{kabels}} \cdot I_{\text{kabels}} \rightarrow U_{\text{kabels}} = \frac{8,0 \cdot 10^4}{I_{\text{kabels}}}$ 1
 - $U_{\text{kabels}} = I_{\text{kabels}} \cdot R_{\text{kabels}} \rightarrow \frac{8,0 \cdot 10^4}{I_{\text{kabels}}} = I_{\text{kabels}} \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} \rightarrow I_{\text{kabels}} = 1,05409 \cdot 10^3 \text{ A}$ 1
 - serie $\rightarrow I_{\text{kabels}} = I_{\text{gebruikers}}$ 1
 - $P = U \cdot I \rightarrow 400 \cdot 10^6 = U \cdot 1,05409 \cdot 10^3 \rightarrow U = 3,7947 \cdot 10^5 = 3,8 \cdot 10^5 \text{ V}$ 1

Controlelampje (aangepast)

2p

a Laat met behulp van figuur 1 zien dat de gemiddelde spanning, over de periode dat de spanning van 6,0 V tot 5,2 V daalt, gelijk is aan 5,8 V.

- inzicht dat de oppervlakte onder de grafiek gebruikt moet worden 1
- teken een horizontale lijn zodat oppervlakte A_1 boven de lijn gelijk is aan oppervlakte A_2 onder de lijn 1
- inzicht dat $A_1 = A_2$ bij $u = 5,8$ V 1



4p

b Bereken de prijs per kWh uit deze vier batterijen.

- $Q = I \cdot t \rightarrow Q = 0,7 \cdot 60 \cdot 60 = 2520$ C 1
- $E = Q \cdot U \rightarrow E = 2520 \cdot 5,8 = 1,4616 \cdot 10^4$ J 1
- $E = \frac{1,4616 \cdot 10^4}{3,6 \cdot 10^6} = 4,06 \cdot 10^{-3}$ kWh 1
- 1 kWh kost $\frac{6,95}{4,06 \cdot 10^{-3}} = 1,71182 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^3$ euro 1

OOK GOED

- $E = P \cdot t \rightarrow E = U \cdot I \cdot t$ met $I \cdot t = 0,700$ A · h 1
- $E = 5,8 \cdot 0,7 = 4,06$ Wh 1
- $E = 4,06 \cdot 10^{-3}$ kWh 1
- 1 kWh kost $\frac{6,95}{4,06 \cdot 10^{-3}} = 1,71182 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^3$ euro 1

4p

c Bereken hoe lang het duurt voordat de LED gaat knipperen.

- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 \rightarrow R_{\text{tot}} = 8,0 \cdot 10^3 + 8,0 \cdot 10^3 = 16 \cdot 10^3 \Omega$ 1
- $U = I \cdot R$ met $U = U_{\text{gemiddeld}} = 5,8$ V 1
- $5,8 = I \cdot 16 \cdot 10^3 \rightarrow I = 3,625 \cdot 10^{-4}$ A 1
- $t = \frac{0,7}{3,625 \cdot 10^{-4}} = 1,931 \cdot 10^3 = 1,9 \cdot 10^3$ h 1

Spanningzoeker

- 4p **a** Leg uit dat de rubberzolen voldoende bescherming bieden. Bereken daartoe eerst de weerstand van de rubberzolen.

- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 10^{13} \Omega \cdot m$ 1
- $\ell = 4,0 \cdot 10^{-3} m$ en $A = 2,0 \cdot 10^{-2} m$ 1
- $R = 10^{13} \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-3}}{2,0 \cdot 10^{-2}} = 2,0 \cdot 10^{12} \Omega$
- $U = I \cdot R \rightarrow 230 = I \cdot 2,0 \cdot 10^{12} \rightarrow I = 1,15 \cdot 10^{-10} A$ 1
- dit is veel minder dan enkele milliampère $\rightarrow$ geen gevaar 1

- 3p **b** Bereken hoe groot de weerstand van het lampje dan minimaal moet zijn.

- inzicht 80 V over lampje $\rightarrow 230 - 80 = 150 V$ over $1,0 M\Omega$ plus $300 k\Omega$ 1
- $R_{tot} = R_1 + R_2 \rightarrow I = \frac{150}{1,0 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6} \rightarrow I = 1,15385 \cdot 10^{-4} A$ 1
- $U = I \cdot R \rightarrow 80 = 1,15385 \cdot 10^{-4} \cdot R \rightarrow R = 6,93333 \cdot 10^5 = 6,9 \cdot 10^5 \Omega$ 1

Legionella

- 4p **a** Bereken het aantal parallelle weerstanden n in $1,00 m$ verwarmingslint.

Hint: Bereken daartoe eerst de stroom door $1,00 m$ verwarmingslint en daarna de stroom die door één weerstand loopt.

- totale stroomsterkte $P = U_{bron} \cdot I_{bron} \rightarrow 180 = 230 \cdot I_{bron} \rightarrow I_{bron} = 0,78261 A$ 1
- één weerstand $U = I \cdot R \rightarrow 230 = I_R \cdot 10 \cdot 10^3 \rightarrow I_R = 2,3 \cdot 10^{-2} A$ 1
- inzicht $n = \frac{I_{bron}}{I_R}$ 1
- $n = \frac{0,78261}{0,023} = 34,026 = 34$ parallelle weerstanden 1

OOK GOED

- totale stroomsterkte $P = U_{bron} \cdot I_{bron} \rightarrow 180 = 230 \cdot I_{bron} \rightarrow I_{bron} = 0,78261 A$ 1
- $U_{bron} = I_{bron} \cdot R_{tot} \rightarrow 230 = 0,78261 \cdot R_{tot} \rightarrow R_{tot} = 293,889 \Omega$ 1
- inzicht $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{n}{R}$ 1
- inzicht $\frac{1}{293,889} = \frac{n}{10000} \rightarrow n = 34,026 = 34$ parallelle weerstanden 1

- 3p **b** Bereken hoe lang het verwarmingslint maximaal mag zijn als de gebruikte groep een smeltveiligheid van $16 A$ heeft.

- $P_{max} = U_{bron} \cdot I_{max} \rightarrow P_{max} = 230 \cdot 16 = 3680 W$ 1
- inzicht $\ell = \frac{P_{max}}{P_{per\ meter}}$ 1

- $\ell = \frac{3680}{180} = 20,444 = 20 \text{ m}$ 1

OOK GOED

- totale stroomsterkte $P = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}} \rightarrow 180 = 230 \cdot I_{\text{bron}} \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,78261 \text{ A}$ 1

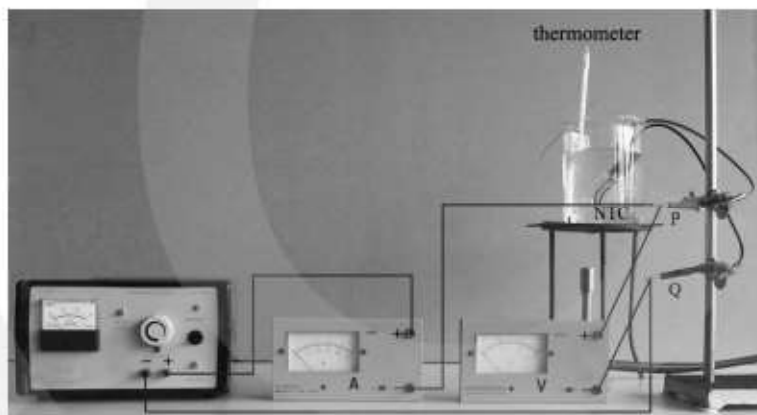
- inzicht $\ell = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{per meter}}}$ 1

- $\ell = \frac{16}{0,78261} = 20,444 = 20 \text{ m}$ 1

Waarschuwing LED

3p **a** Teken in figuur 1 de draden die nodig zijn om de metingen voor deze grafiek te kunnen uitvoeren.

- teken een gesloten kring van de spanningsbron en de NTC 1
- ampèremeter in serie in de kring 1
- voltmeter parallel aan de NTC (of parallel aan de spanningsbron) 1



4p **b** Leg aan de hand van de figuren 2, 3 en 4 uit dat de LED niet brandt bij een lage temperatuur en wel brandt bij een hoge temperatuur.

- inzicht bij lage temperatuur is R_{NTC} groot 1
- inzicht U_{NTC} is groot als R_{NTC} groot is 1
- inzicht U_{LED} is klein als U_{NTC} groot is 1
- als bij lage temperatuur U_{LED} kleiner is dan 1,5 V brandt de LED niet 1

5p **c** Bepaal de waarde waarop de variabele weerstand wordt ingesteld.

- aflezen figuur 2 bij $20^\circ\text{C} \rightarrow R_{\text{NTC}} = 590 \Omega$ (marge 20Ω) 1
- aflezen figuur 3 bij $1,0 \text{ mA} \rightarrow U_{\text{LED}} = 1,5 \text{ V}$ 1
- inzicht $U_{\text{NTC}} = U_{\text{bron}} - U_{\text{LED}} \rightarrow U_{\text{NTC}} = 5 - 1,5 = 3,5 \text{ V}$ 1
- $U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}} \rightarrow 3,5 = I_{\text{NTC}} \cdot 590 \rightarrow I_{\text{NTC}} = 5,9322 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 1
- inzicht $I_{\text{R}} = I_{\text{NTC}} - I_{\text{LED}} \rightarrow I_{\text{R}} = 5,9322 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 4,9322 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 1
- $U_{\text{R}} = I_{\text{R}} \cdot R \rightarrow 1,5 = 4,9322 \cdot 10^{-3} \cdot R \rightarrow R = 3,04124 \cdot 10^2 = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$ 1

Vol of leeg?

- 2p **a** Bereken hoeveel elektrische energie de batterij kan leveren.
- inzicht $E_{el} = Q \cdot U$ met $Q = I \cdot t$ 1
 - $E_{el} = 2,3 \cdot 3600 \cdot 1,5 = 1,242 \cdot 10^4 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ 1
- 3p **b** Bereken hoeveel jaar de klok op de batterij kan lopen.
- $U = I \cdot R \rightarrow 1,5 = I \cdot 12 \cdot 10^3 \rightarrow I = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ 1
 - inzicht $t = \frac{2,300}{I}$ 1
 - $t = \frac{2,300}{1,25 \cdot 10^{-4}} = 1,84 \cdot 10^4 \text{ uur} \rightarrow \frac{1,84 \cdot 10^4}{24 \cdot 365} = 2,1 \text{ jaar}$ 1
- 3p **c** Bereken de weerstand van de gehele strip van figuur 2.
- inzicht dat de 5 delen van de weerstand in serie staan 1
 - inzicht dat de weerstand van een strookje omgekeerd evenredig is met de breedte van het strookje 1
 - de strookjes zijn 2, 3, 4 en 5 keer zo breed als het eerste strookje van $1,3 \Omega$
 - $R = 1,3 + \frac{1,3}{2} + \frac{1,3}{3} + \frac{1,3}{4} + \frac{1,3}{5} = 3,0 \Omega$ 1
- 2p **d** Leg uit aan welke kant van de strip de temperatuur het hoogst is: aan de smalle of aan de brede kant.
- inzicht serieschakeling $\rightarrow$ overal in de strip dezelfde stroomsterkte 1
 - inzicht dat het smalste stukje de grootste weerstand heeft en dat bij de grootste weerstand de temperatuur het hoogst wordt. 1
- 3p **e** Noem twee wijzigingen die hij in het ontwerp kan aanbrengen, zodat de batterijtester geschikt wordt voor een batterij van 9 V.
- inzicht dat de weerstand van de strip groter moet worden 1
 - dit kan door: 2
 - een stof gebruiken met een grotere soortelijke weerstand
 - de strip (overal) dunner maken
 - de strip (overal) smaller maken
 - de strip langer maken

Rekstrookje

- 3p **a** Bereken de lengte van de constantaandraad.
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 0,45 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 1
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^{-6})^2 = 1,25664 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$ 1
 - $350 = 0,45 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\ell}{1,256637 \cdot 10^{-9}} \rightarrow \ell = 0,97738 = 0,98 \text{ m}$ 1

- 2p **b** Geef twee redenen hiervoor.
- inzicht uittrekken $\rightarrow$ l wordt groter 1
 - inzicht uittrekken $\rightarrow$ A wordt kleiner 1
- 3p **c** Toon dat aan.
- $U = I \cdot R \rightarrow 5 = I_{\text{nieuw}} \cdot 701 \rightarrow I_{\text{nieuw}} = 7,13267 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 1
 - $U = I \cdot R \rightarrow U_{\text{nieuw}} = 7,13267 \cdot 10^{-3} \cdot 350 = 2,49643 \text{ V}$ 1
 - verandering $\frac{2,5 - 2,49643}{2,5} = 1,4265 \cdot 10^{-3} = 0,14\% \rightarrow$ minder dan 0,5% 1
- 2p **d** Leg dit uit.
- inzicht $U_{\text{CA}} = U_{\text{CB}}$ en $U_{\text{AD}} = U_{\text{BD}}$ 1
 - inzicht $R_{\text{CB}} = R_{\text{BD}} \rightarrow R_{\text{CA}} = R_{\text{AD}}$ 1
- OOK GOED
- $I_{\text{rek}} = \frac{5}{700} = 7,14286 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 1
 - $U_{\text{rek}} = I_{\text{rek}} \cdot R_{\text{rek}} \rightarrow U_{\text{rek}} = 7,14286 \cdot 10^{-3} \cdot 350 = 2,50 \text{ V} \rightarrow$ U-meter geeft 0,0 V 1
- 2p **e** Leg dit uit.
- aflezen figuur 4 $R_{\text{rek}} = 351 \Omega \rightarrow U = 3,55 \text{ mV}$ 1
 - ten opzichte van 0 volt is dit een grote spanningsverandering 1
- 3p **f** Bepaal bij welke spanning het alarm afgaat.
- rekstrookje wordt $\frac{0,12}{198} \cdot 0,061 = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 37 \mu\text{m}$ langer 1
 - aflezen figuur 5 $R_{\text{rek}} = 351,3 \Omega$ 1
 - aflezen figuur 4 $U = 4,7 \text{ mV}$ (marge 0,1 mV) $\rightarrow$ bij 4,7 mV gaat het alarm af 1

Stad van de Zon

- 3p **a** Bereken de totale oppervlakte van de zonnepanelen in de 'Stad van de Zon'.
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$ met $P_{\text{nut}} = 3,75 \cdot 10^6 \text{ W}$ 1
 - $13 = \frac{3,75 \cdot 10^6}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% \rightarrow P_{\text{in}} = 2,88462 \cdot 10^7 \text{ W}$ 1
 - P_{in} per m^2 is 1000 W $\rightarrow$ er is $\frac{2,88462 \cdot 10^7}{1000} = 2,88462 \cdot 10^4 = 2,9 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ nodig 1
- 4p **b** Laat met behulp van een berekening zien of de zonnepanelen op jaarbasis voldoende energie leveren voor de huizen in de wijk.
- $P_{\text{gem}} = 0,10 \cdot P_{\text{piek}} \rightarrow P_{\text{gem}} = 0,10 \cdot 3,75 \cdot 10^6 = 3,75 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1
 - $E = P \cdot t \rightarrow E = 3,75 \cdot 10^5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 1,1826 \cdot 10^{13} \text{ J}$ 1

- dit is $\frac{1,1826 \cdot 10^{13}}{3,6 \cdot 10^6} = 3,285 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ 1

- aantal huishoudens: $\frac{3,285 \cdot 10^6}{3656} = 899$ dit is minder dan 1600 dus niet genoeg 1

OOK GOED

- totaal benodigde energie $E_{\text{tot}} = 1600 \cdot 3656 = 5,8496 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ 1

- $P_{\text{gem}} = 0,10 \cdot P_{\text{piek}} \rightarrow P_{\text{gem}} = 0,10 \cdot 3,75 \cdot 10^6 = 3,75 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1

- $E = P \cdot t \rightarrow E = 3,75 \cdot 10^5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 1,1826 \cdot 10^{13} \text{ J}$ 1

- dit is $\frac{1,1826 \cdot 10^{13}}{3,6 \cdot 10^6} = 3,285 \cdot 10^6 \text{ kWh} \rightarrow$ dit is minder dan $5,8496 \cdot 10^6 \text{ kWh}$
dus niet genoeg 1

3p **c** Zet op de grafiek van figuur 2 duidelijk drie punten:

- Eén punt waar de aangesloten weerstand 0 is. Zet bij dit punt 0.
- Eén punt waar de aangesloten weerstand oneindig groot is. Zet bij dit punt ∞ .
- Eén punt waar de aangesloten weerstand gelijk is aan $2,5 \Omega$. Zet bij dit punt 2,5. Geef een toelichting met een berekening of tekening.

- inzicht: 0 hoort bij $U = 0 \text{ V}$ en dat ∞ hoort bij $I = 0 \text{ A}$ 1

- inzicht dat bij $R = 2,5 \Omega$ geldt: $R = \frac{U}{I} = 2,5$ 1

- teken een rechte lijn door de punten (0, 0) en (10 V, 4 A)
- bepaal het snijpunt met de grafiek,
- dit geeft het punt (12,5 V, 5,0 A) (met marges van 0,5 V en 0,2 A) 1

4p **d** Voer de volgende opdrachten uit:

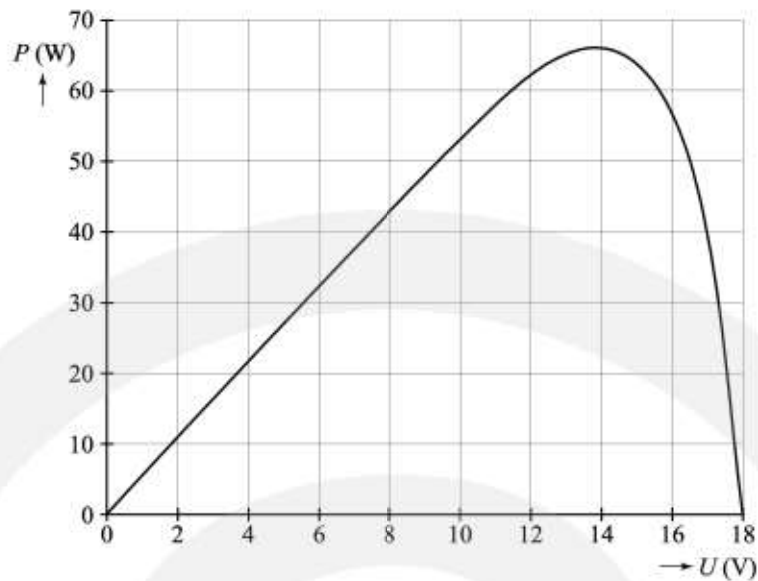
- Bereken de grootte van het vermogen bij de volgende spanningen: $U = 0, 2, 6, 10, 14, 16$ en 18 V .
- Teken in figuur 3 het (P,U)-diagram.
- Bepaal bij welke weerstand het vermogen maximaal is.

- gebruik $P = U \cdot I$ 1

- teken de juiste grafiek 1

- gebruik $R = \frac{U}{I}$ bij P_{max} 1

- P_{max} ligt bij $U = 14 \text{ V} \rightarrow$ aflezen in figuur 2 geeft $I = 4,6 \text{ A} \rightarrow R = \frac{14}{4,6} = 3,0 \Omega$ 1



Kerstboomlampjes

- 3p **a** Toon dit aan met behulp van figuur 1.
- inzicht spanning over één lampje $\frac{230}{24} = 9,58333 \text{ V}$ 1
 - aflezen $I = 120 \text{ mA} = 0,12 \text{ A}$ 1
 - $R = \frac{9,58333}{0,12} = 79,86 = 80 \Omega$ 1
- 2p **b** Leg uit dat in beide gevallen alle lampjes op de normale sterkte branden.
- in beide gevallen krijgt ieder lampje + weerstand een spanning van 9,58 V 1
 - lampje+weerstand staan parallel → lampje krijgt 9,58 V en brandt dus normaal 1
- 4p **c** Licht haar besluit toe met een berekening van het totaal ontwikkelde vermogen als alle lampjes in deze schakeling branden.
- lampje $P_{\text{lampje}} = U \cdot I \rightarrow P_{\text{lampje}} = 9,58 \cdot 0,12 = 1,15 \text{ W}$ 1
 - weerstand $I = \frac{U}{R} \rightarrow I = \frac{9,58}{2} = 4,79 \text{ A} \rightarrow P = U \cdot I = 9,58 \cdot 4,79 = 45,9 \text{ W}$ 1
 - totale vermogen: $P_{\text{totaal}} = 24 \cdot (1,15 + 45,9) = 1129 \text{ W}$ 1
 - dit is veel meer dan het oorspronkelijke vermogen van de kerstboomverlichting 1
- 3p **d** Geef hiervoor een verklaring. Bereken hiervoor eerst de totale weerstand.
- R_{tot} van elk parallel geschakeld deel $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{80} + \frac{1}{2000} \rightarrow R_{\text{tot}} = 76,923 \Omega$ 1
 - R_{tot} na losdraaien van één lampje $R = 23 \cdot 76,923 + 2000 = 3769,23 \Omega$ 1
 - $I_{\text{bron}} = \frac{230}{3769,23} = 6,102 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ dit is te weinig om de lampjes normaal te laten branden 1

4p

- e** Leg uit dat nu:
- alle lampjes normaal blijven branden;
 - het vermogen niet te hoog is.
 - als een lampje kapot gaat stijgt de spanning over de NTC 1
 - hierdoor warmt de NTC op en neemt zijn weerstand af 1
 - de totale stroomsterkte neemt hierdoor toe, zodat de lampjes normaal branden 1
 - het vermogen is nu niet te hoog, omdat bij een lage temperatuur de NTC een hoge weerstand heeft 1