

6 Elektriciteit

vwo

6.1 Lading

1**

- 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?
- opzoeken lading van een elektron $e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ [Binas tabel 7A](#)
 - 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 van een elektron?
- opzoeken rustmassa elektron $m_e = 9,10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ [Binas tabel 7B](#)
- 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.
- $m = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ | $\Delta m = 5,68562 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$
 - procent verandering $\frac{\Delta m}{m} = \frac{5,68562 \cdot 10^{-12}}{1,0 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 5,68562 \cdot 10^{-7} = 5,7 \cdot 10^{-7} \%$

2**

- 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

3**

- a Welke soort lading krijgt de knop + of - ?
- elektronen worden door de positieve staaf aangetrokken
 - elektronen stromen naar de knop
 - de knop krijgt een negatieve lading

- b** Welke soort lading krijgen de blaadjes + of – ?
- 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

4**

- 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

5**

- 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 stroom

1*

a Bereken hoeveel spanning er tussen A en B staat.

- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow 5 = 1 \cdot U \rightarrow U = 5,0 \text{ V}$

b Bereken hoeveel energie het kost om 2,0 coulomb van A naar B te brengen.

- $U = 5,0 \text{ V} \mid q = 2,0 \text{ C} \mid E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 2 \cdot 5 \rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 10 \text{ J}$
- je gaat twee keer 1 coulomb verplaatsen en dat kost dus twee keer $5 \text{ J} = 10 \text{ J}$

2**

a Hoeveel arbeid moet je verrichten om een lading van 5,0 coulomb te verplaatsen?

- $\Delta E_{\text{el}} = 24 \text{ J} \mid q = 2,0 \text{ C} \mid U = \dots \text{ V}$
- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow 24 = 2 \cdot U \rightarrow U = 12 \text{ V}$
- 5 coulomb lading $\rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 5 \cdot 12 \rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 60 \text{ J} \rightarrow$ 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

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

- $\Delta E_{\text{el}} = 6000 \text{ J} \mid U = 1,5 \text{ V} \mid q = \dots \text{ C}$
- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow 6000 = q \cdot 1,5 \rightarrow q = 4000 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ C}$

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.

- $\Delta E_{\text{el}} = 6000 \text{ J} \mid U = 4 \cdot 1,5 = 6,0 \text{ V} \mid q = \dots \text{ C}$
- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow 6000 = q \cdot 6 \rightarrow q = 1000 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ C}$

4**

a Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.

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

b Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.

- ieder elektron heeft $1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ lading
- aantal elektronen: $n = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{1,60218 \cdot 10^{-19}} \rightarrow n = 1,2483 \cdot 10^{15} = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ elektronen}$

5*

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

6.3 Stroomkring

1**

- a Neem de figuur over en geef met pijltjes de richting van de stroom aan.
- 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.
- 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 de lamp aangaat als de schakelaar wordt gesloten.
- bij de schakelingen linksboven wordt de stroomkring gesloten
 - alleen bij deze schakelingen gaat de lamp aan als de schakelaar wordt gesloten
Bij de schakelingen rechtsboven en rechtsonder brandt de lamp 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.

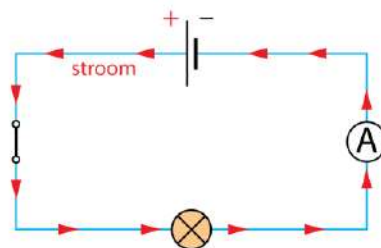
S1 open + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 open + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt wel

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 is dan de stroomsterkte in de stroomkring?

- 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

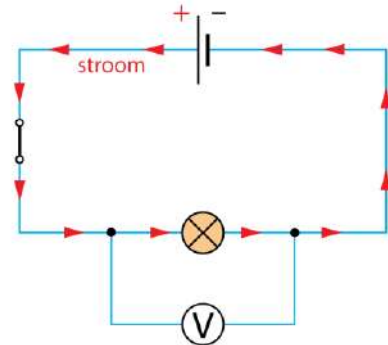
b Teken in de linker figuur en in de rechter figuur de stroom door de kring.

- de stroom gaat van plus naar min
- 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 Bereken 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. Bereken 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. Bereken 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 A = 1 coulomb lading per seconde
 - 0,25 A = 0,25 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 $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7$ seconden
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 0,25 = \frac{Q}{3,1536 \cdot 10^7} \rightarrow Q = 7,884 \cdot 10^6 = 7,9 \cdot 10^6 \text{ C}$

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
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 2 \cdot 3600 = 7200 = 7,2 \cdot 10^3 \text{ C}$
- c Bereken de stroomsterkte door de klok.
- een jaar heeft $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7$ seconden
 - $Q = 7200 \text{ C} \mid t = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s} \mid I = \dots \text{ A}$
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow I = \frac{7200}{3,1536 \cdot 10^7} = 2,283 \cdot 10^{-4} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$

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 $t = 8,0 \text{ s}$?
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 0,65 \cdot 8 = 5,2 \text{ C}$

6.4 Weerstand

- 1**** a Wie heeft er volgens jou gelijk, Karin, Mark of geen van beiden.
- Karin en Mark hebben beiden geen 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 wil dat er een stroomsterkte van 0,35 A door de weerstand gaat. Bereken hoeveel spanning je hiervoor moet aanleggen.
- $I = 0,35 \text{ A} \quad | \quad R = 25 \Omega \quad | \quad U = \dots \text{ V}$
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 0,35 \cdot 25 \rightarrow U = 8,75 = 8,8 \text{ V}$

- 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 $U = 2,0$ V
 - $U = 4,0$ V | $I_1 = 0,50$ A | $I_2 = 0,20$ A | $R_1 = \dots \Omega$ | $R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{4}{0,5} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_2 = \frac{4}{0,2} = 20 \Omega$
- c Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 8,0$ V
 - $U = 8,0$ V | $I_1 = 1,0$ A | $I_2 = 0,40$ A | $R_1 = \dots \Omega$ | $R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{8}{1} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_2 = \frac{8}{0,4} = 20 \Omega$
- d Bereken de spanning over R_1 .
 - $I = 1,2$ A | $R_1 = 8,0 \Omega$ | $U_1 = \dots$ V
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 1,2 \cdot 8 \rightarrow U = 9,6$ V
- e Bereken de stroomsterkte door R_2 .
 - $U_2 = 25$ V | $R_2 = 20 \Omega$ | $I_2 = \dots$ A
 - $U = I \cdot R$
 - $25 = I \cdot 20 \rightarrow I = 1,25 = 1,3$ 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 $U = 1,0 \text{ V}$
- $U = 1,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,39 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow 1 = 0,39 \cdot R \rightarrow R = 2,6 \Omega$
- c Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 5,0 \text{ V}$
- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,88 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow 5 = 0,88 \cdot R \rightarrow R = 5,7 \Omega$
- d Leg uit hoe je aan de (I, U) -grafiek kunt zien of de weerstand toeneemt of afneemt bij grotere spanning.
- 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 iedere spanning 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: Emilie, Sophie of geen van beiden?
- aflezen bij 3 volt: $L_1 = 0,45 \text{ A}$ en $L_2 = 0,70 \text{ A}$
 - Emilie heeft **niet** gelijk $\rightarrow 0,45$ is niet de helft van $0,65$ en $0,7$ is niet de helft van $0,95$
 - Sophie 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 Emilie zit dichterbij dan Sophie
- 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 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.

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

d Bereken de spanning over de kabel.

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

9***

a Bereken de weerstand van het draadje.

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

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

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

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.

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

10***

- a Waarom is de soortelijke weerstand bij 10 volt groter dan bij 2 volt?
- bij 10 V gaat er meer stroom door de gloeilamp dan bij 2,0 volt
 - bij een grotere stroomsterkte is de temperatuur van het gloeidraadje hoger
 - bij 10 volt trillen de atomen harder → 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 $R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{2}{0,2} = 10 \Omega$
- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$
- ρ wordt twee keer zo groot ℓ en A veranderen niet
- bij 10 volt wordt de weerstand $2 \cdot 10 = 20 \Omega$
- $U = 10 \text{ V} \mid R = 20 \Omega \mid I = \dots \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 10 = I \cdot 20 \rightarrow I = 0,50 \text{ A}$

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

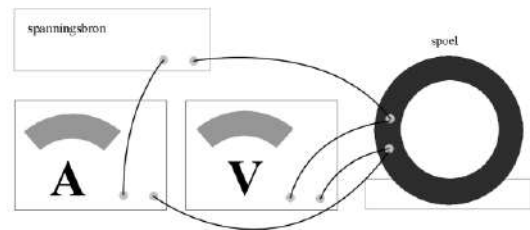
- $I = 0,50 \text{ A} \mid t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \mid Q = \dots \text{ C}$
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
- $Q = 0,5 \cdot 3600 = 1800 \text{ C}$

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

- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 1800 \cdot 10 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ J}$

11***

- a Teken in het werkboek de verbindings-snoeren zodat een schakeling ontstaat om de weerstand van de draad te bepalen.
- spanningsbron, spoel en ampèremeter in de kring
 - voltmeter over de spoel



b Bereken de lengte van de koperdraad.

- $U = 0,46 \text{ V} \mid I = 0,18 \text{ A} \mid R = \dots \Omega$
- $R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{0,46}{0,18} = 2,5556 \Omega$
- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$
- $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 0,60 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow A = 1,131 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- $2,5556 = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\ell}{1,131 \cdot 10^{-6}}$
- $\ell = 1,7 \cdot 10^2 \text{ m}$

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} .

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $5 = 0,04 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 125 = 1,3 \cdot 10^2 \, \Omega$

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 L_1 en L_2 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 L_1 , L_2 en L_3 groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.

- de bronspanning blijft gelijk maar verdeelt zich nu over 4 lampen
- de drie lampen L_1 , L_2 en L_3 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 L_1 en L_2 samen?

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

b Wat weet je van de stroomsterkte in L_1 en L_2 ?

- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2$
- de stroomsterkte in L_1 en L_2 zijn gelijk aan elkaar

c Zoek in de figuur de stroomsterkte zodat U_1 en U_2 samen 15 V zijn.

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

d Bepaal de spanning over L_1 en over L_2 .

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

e Bereken de weerstand van L_1 en van L_2 als ze op de spanningen van vraag d branden.

- $U_1 = 5,0 \text{ V} \quad | \quad U_2 = 10 \text{ V} \quad | \quad I_{\text{tot}} = 0,60 \text{ A}$

- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$

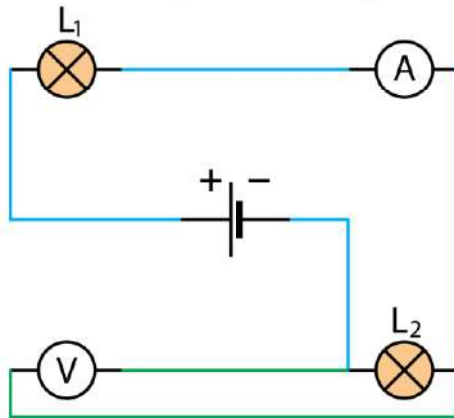
- $R_1 = \frac{5}{0,6} = 8,3 \Omega \quad R_2 = \frac{10}{0,6} = 16,7 \Omega$

f Bereken de totale weerstand van L_1 en L_2 .

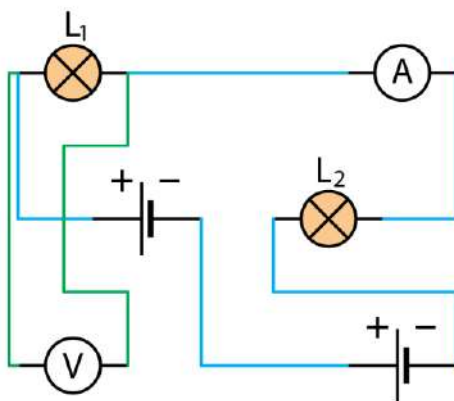
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $R_{\text{tot}} = 8,3 + 16,7 = 25 \Omega$

6***

a Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



b Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



c Bereken 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 Bereken 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 Bereken 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} .

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

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

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

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

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

8**

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

- $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = U_3$ de spanning is over iedere lamp gelijk aan U_{bron}

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

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

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

d 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.

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

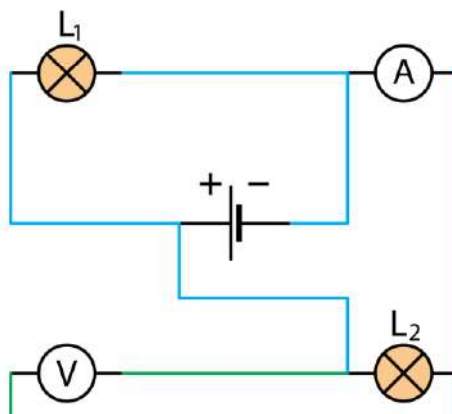
9* a** Bereken R_2 .

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

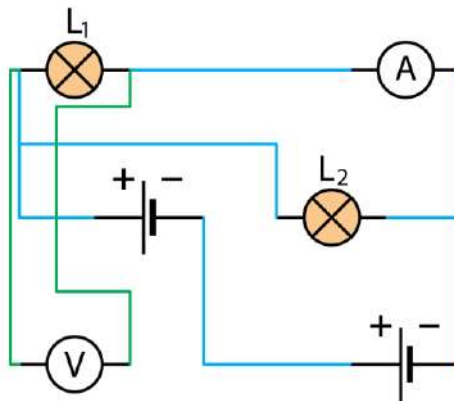
OOK GOED

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $12 = 0,5 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 24 \Omega$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{24} = \frac{1}{120} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} - \frac{1}{120} = 0,033333$
- $R_2 = \frac{1}{0,033333} = 30 \Omega$

10* a** Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



b Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



Gemengde schakeling

11***

a Bereken de totale weerstand.

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

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

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

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

OOK GOED

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

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

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

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

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

c Bereken de spanning over R_1 .

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

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

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

d Bereken de spanning over R_2 en R_3 .

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

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

- $U_2 = U_3 \rightarrow U_3 = 6,0 \text{ V}$ parallelschakeling

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

- $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,20 \text{ A}$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow I_2 = \frac{U_2}{R_2} \rightarrow I_2 = \frac{6}{50} = 0,12 \text{ A}$
- $U_3 = I_3 \cdot R_3 \rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} \rightarrow I_3 = \frac{6}{75} = 0,080 \text{ A}$

12***

a Bereken de totale weerstand.

- R_{12} is de totale weerstand van R_1 en R_2 (serieschakeling)
- $R_{12} = R_1 + R_2 \rightarrow R_{12} = 40 + 60 = 100 \Omega$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} = \frac{2}{200} + \frac{1}{200} = \frac{3}{200}$
- $R_{\text{tot}} = \frac{200}{3} = 66,6667 = 67 \Omega$

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.

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

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 .

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

13****

a Bereken de totale weerstand.

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{R_{1\text{tot}}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{10} \rightarrow \frac{1}{R_{1\text{tot}}} = 0,125 \rightarrow R_{1\text{tot}} = 8,0 \Omega$

- $\frac{1}{R_{2\text{ tot}}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{R_{2\text{ tot}}} = 0,050 \rightarrow R_{2\text{ tot}} = 20 \Omega$
- $R_{\text{tot}} = R_{1\text{ tot}} + R_{2\text{ tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 8 + 20 = 28 \Omega$

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_{\text{bron}} = 42 \text{ V} \mid R_{\text{tot}} = 28 \Omega \mid I_{\text{bron}} = \dots \text{ A}$
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 42 = I_{\text{bron}} \cdot 28 \rightarrow I_{\text{bron}} = 1,5 \text{ A}$

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

- $I_{1\text{ tot}} = I_{\text{bron}} = 1,5 \text{ A} \mid R_{1\text{ tot}} = 8,0 \Omega \mid U_{1\text{ tot}} = \dots \text{ V}$
- $U_{1\text{ tot}} = I_{1\text{ tot}} \cdot R_{1\text{ tot}} \rightarrow U_{1\text{ tot}} = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ V}$
- $U_{L1} = U_{1\text{ tot}} = 12 \text{ V}$ parallel $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2$
- $U_{L2} = U_{\text{bron}} - U_{1\text{ tot}} \rightarrow U_{L2} = 42 - 12 = 30 \text{ V}$ serie $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2$

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

- $U_{L1} = I_{L1} \cdot R_{L1} \rightarrow 12 = I_{L1} \cdot 10 \rightarrow I_{L1} = 1,2 \text{ A}$
- $U_{L2} = I_{L2} \cdot R_{L2} \rightarrow 30 = I_{L2} \cdot 30 \rightarrow I_{L2} = 1,0 \text{ A}$

14****

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 .

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

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.

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

e 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

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

6.6 Energie, vermogen en rendement

1**

a Bereken het vermogen van de elektromotor.

- $U = 12 \text{ V} \quad | \quad I = 0,50 \text{ A} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $P = U \cdot I \rightarrow P = 12 \cdot 0,5 = 6,0 \text{ W}$

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

- $P = 6,0 \text{ W} \quad | \quad t = 15 \cdot 60 = 900 \text{ s} \quad | \quad E_{\text{el}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{el}} = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = 6 \cdot 900 = 5400 = 5,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

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

- in 900 seconden wordt er 5400 J omgezet
- in 1 seconde wordt er $\frac{5400}{900} = 6,0 \text{ J}$ omgezet **gelijk aan het vermogen**

2**

a Bereken het vermogen van de broodrooster.

- $E = 2,70 \cdot 10^6 \text{ J} \quad | \quad t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 2,70 \cdot 10^6 = P \cdot 3600 \rightarrow P = 750 \text{ W}$

b Bereken de stroomsterkte door de broodrooster.

- $P = 750 \text{ W} \quad | \quad U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I \rightarrow 750 = 230 \cdot I \rightarrow I = 3,26087 \text{ A}$

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

- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 3,26087 = \frac{Q}{3600} \rightarrow Q = 1,17391 \cdot 10^4 = 1,17 \cdot 10^4 \text{ C}$

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?

- $P = 1000 \text{ W} \quad | \quad U = 230 \text{ V} \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $1000 = 230 \cdot I \rightarrow I = 4,34783 = 4,3 \text{ A}$

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

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

OOK GOED

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

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?

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

c Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

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

d Hoeveel energie is dit uitgedrukt in kWh?

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

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

- één ontlading geeft 33,333 kWh

- verhoudingstabel:

dagen	365	x
kWh	3500	33,333

- kruislings vermenigvuldigen:

$$33,333 \cdot 365 = 3500 \cdot x \rightarrow x = 3,47619 = 3,5 \text{ dagen}$$

6**

a Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

- $R = 0,10 \, \Omega$ | $I = 1000 \text{ A}$ | $U = \dots \text{ V}$

- $U = I \cdot R \rightarrow U = 1000 \cdot 0,1 \rightarrow U = 100 \text{ V}$

- $P = U \cdot I \rightarrow P = 100 \cdot 1000 = 100.000 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ W}$

b Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

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

- $E = P \cdot t \rightarrow E = 100.000 \cdot 0,05 = 5000 = 5,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

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.

- $P = 1200 \text{ W}$ | $U = 230 \text{ V}$ | $I = \dots \text{ A}$

- $P = U \cdot I$

- $1200 = 230 \cdot I \rightarrow I = 5,22 \text{ A}$

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 $\Delta P = \frac{\Delta E}{t} \rightarrow \Delta P = \frac{50}{125} = 0,40 \text{ kW} = 400 \text{ W}$

e Bereken het vermogen van de eco-stofzuiger.

- $P_{\text{eco}} = P_{\text{gewoon}} - \Delta P \rightarrow P_{\text{eco}} = 1200 - 400 = 800 \text{ W}$

8*****a** Hoeveel vermogen heeft de broodrooster?

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad R = 62 \, \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 230 = I \cdot 62 \rightarrow I = 3,70968 \text{ A}$
- $P = U \cdot I$
- $P = 230 \cdot 3,70968 \rightarrow P = 853,226 = 8,5 \cdot 10^2 \text{ W}$

b Hoeveel energie kost het roosteren van een boterham?

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

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

- $I = 3,70968 \text{ A} \quad | \quad t = 180 \text{ s} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $Q = I \cdot t$
- $Q = 3,70968 \cdot 180 \rightarrow Q = 667,74 = 6,7 \cdot 10^2 \text{ C}$

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?

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

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

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

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?
- 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?
- $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3$
- b** Wat weet je van de spanning over de drie lampen?
- $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = U_3$
- c** Wat weet je van de stroomsterkte door 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_{tot} door het circuit.
- $I_{\text{tot}} = I_1 = I_2$
 - $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = I_1 \cdot 50$
 - $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow 0,08 = I_1 \cdot 50 \cdot I_1 = 50 \cdot I_1^2$
 - $0,08 = 50 \cdot I_1^2 \rightarrow I_1^2 = \frac{0,08}{50} = 1,6 \cdot 10^{-3} \rightarrow I_1 = 0,040 \text{ A}$
 - $I_{\text{bron}} = I_1 = 0,040 \text{ A}$
- 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 ($=U_2$).

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

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} .

- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = I_1 \cdot 50 \rightarrow I_1 = \frac{U_1}{50}$
- $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow 0,18 = U_1 \cdot \frac{U_1}{50} = \frac{U_1^2}{50}$
- $0,18 = \frac{U_1^2}{50} \rightarrow U_1^2 = 9 \rightarrow U_1 = 3,0 \text{ V}$
- $U_{\text{bron}} = U_1 = 3,0 \text{ V}$

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 ($=I_2$).

- $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2$
- $0,26 = 0,06 + I_2 \rightarrow I_2 = 0,20 \text{ A}$

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 .

- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow U_2 = I_2 \cdot 10 \rightarrow I_2 = \frac{U_2}{10}$
- $P_2 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow 19,6 = U_2 \cdot \frac{U_2}{10} = \frac{U_2^2}{10}$
- $19,6 = \frac{U_2^2}{10} \rightarrow U_2^2 = 196 \rightarrow U_2 = 14 \text{ V}$

b Bereken de spanning over R_1 .

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

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 .

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

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 Bepaal hoeveel volt de spanningbron geeft.

- aflezen de stroomsterkte door L1 is 0,8 A
- de stroomsterkte door L2 en door L3 is $0,8/2 = 0,4 \text{ A}$ want identiek
- aflezen spanning L2 en L3 is 1,0 V
- serie $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 \rightarrow U_{\text{bron}} = 4 + 1 = 5,0 \text{ V}$

b Geef aan of de onderstaande bewering WAAR of NIET WAAR zijn.

- Lamp 3 gaat ook uit. **NIET WAAR** de stroomkring is niet verbroken
- Lamp 3 gaat feller branden. **WAAR** de spanning over L3 is nu 2,5 V en de stroomsterkte is 0,65 A, dus zowel U als I zijn groter geworden
- Lamp 1 gaat ook uit. **NIET WAAR** de stroomkring is niet verbroken
- Lamp 1 gaat feller branden. **NIET WAAR** de spanning over L1 is nu 2,5 V en de stroomsterkte is 0,65 A, dus zowel U als I zijn kleiner geworden

18****

a Bereken R_1 .

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

b Bereken het vermogen van de lamp.

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

19*** **a** Hoelang staat de computer gemiddeld per dag aan?

- $10\% \text{ van } 4,0 \cdot 10^3 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ kWh}$
- $E = 400 \text{ kWh} \quad | \quad P = 0,20 \text{ kW} \quad | \quad t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 400 = 0,2 \cdot t \rightarrow t = 2000 \text{ uur}$
- 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 $\frac{400}{365} = 1,09589 \text{ kWh} = 1095,89 \text{ Wh}$
- $E_{\text{tot}} = E_{\text{aan}} + E_{\text{uit}} \rightarrow E_{\text{tot}} = P_{\text{aan}} \cdot t_{\text{aan}} + P_{\text{uit}} \cdot t_{\text{uit}}$
- $t_{\text{uit}} = 24 - t_{\text{aan}}$
- $E_{\text{tot}} = P_{\text{aan}} \cdot t_{\text{aan}} + P_{\text{uit}} \cdot (24 - t_{\text{aan}})$
- $1095,89 = 200 \cdot t_{\text{aan}} + 1,5 \cdot (24 - t_{\text{aan}}) = (200 - 1,5) \cdot t_{\text{aan}} + 1,5 \cdot 24$
- $1095,89 - 1,5 \cdot 24 = (200 - 1,5) \cdot t_{\text{aan}} \rightarrow t_{\text{aan}} = \frac{1059,89}{198,5} = 5,3395 = 5,3 \text{ uur}$

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

- $R = 70 \Omega \quad | \quad \rho_{\text{wolfram}} = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \quad | \quad \ell = 0,45 \text{ m} \quad | \quad A = \dots \text{ m}^2$
- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow 55 \cdot 10^{-9} = \frac{70 \cdot A}{0,45} \rightarrow A = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,45}{70} = 3,5357 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 3,5357 \cdot 10^{-10} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,06087 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2 \cdot 1,06087 \cdot 10^{-5} = 2,1217 \cdot 10^{-5} = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (21 \mu\text{m})$

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 $R_0 = 70 \Omega$
- $\frac{811,67}{70} = 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = 2366 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{\text{kamer}} = 20 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow T_{\text{gloeidraad}} = 20 + 2366 = 2386 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$

Rendement

21***

a Bereken het vermogen van de zonnecel.

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

b Bereken het rendement van de zonnecel.

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

22***

a Bereken de stroomsterkte in de elektromotor.

- $\eta = 0,75 \quad | \quad P_{\text{nut}} = 6,0 \cdot 10^3 \quad | \quad P_{\text{in}} = \dots \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,75 = \frac{6,0 \cdot 10^3}{P_{\text{in}}} \rightarrow P_{\text{in}} = \frac{6,0 \cdot 10^3}{0,75} = 8,0 \cdot 10^3 \text{ W}$
- $P_{\text{in}} = U \cdot I \rightarrow 8,0 \cdot 10^3 = 400 \cdot I \rightarrow I = 20 \text{ A}$

b Hoeveel tijd heeft de hijskraan hiervoor nodig?

- $P = 6,0 \cdot 10^3 \text{ W} \quad | \quad E = 4,905 \cdot 10^4 \text{ J} \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 4,905 \cdot 10^4 = 6,0 \cdot 10^3 \cdot t \rightarrow t = 8,175 = 8,2 \text{ s}$
- $4,905 \cdot 10^4 = 6,0 \cdot 10^3 \cdot t \rightarrow t = 8,175 = 8,2 \text{ s}$

23***

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

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

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

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

c Bereken het rendement van de LED-lamp.

- $P_{\text{in gloei}} = 75 \text{ W} \quad | \quad \eta_{\text{gloei}} = 6\% \quad | \quad P_{\text{nut gloei}} = \dots \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,06 = \frac{P_{\text{nut}}}{75} \rightarrow P_{\text{nut}} = 4,5 \text{ W}$
- $P_{\text{in LED}} = 11 \text{ W} \quad | \quad P_{\text{nut LED}} = 4,5 \text{ W} \quad | \quad \eta = \dots \%$
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{4,5}{11} \rightarrow \eta = 0,41 \text{ (41\%)}$

- d** Bereken hoeveel lichtenergie de LED-lamp in zijn leven produceert in kWh.
- levensduur LED-lamp $8 \cdot 2000 = 16000$ h
 - $P_{\text{nut}} = 4,5 \text{ W} = 0,0045 \text{ kW}$ | $t = 16000 \text{ h}$ | $E = \dots \text{ kWh}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{nut}} = 0,0045 \cdot 16000 \rightarrow E_{\text{nut}} = 72 \text{ kWh}$
- e** Hoeveel euro kost de elektrische energie de spaarlamp in zijn leven verbruikt?
- $P = 11 \text{ W} = 0,011 \text{ kW}$ | $t = 16000 \text{ h}$ | $E = \dots \text{ kWh}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{in}} = 0,011 \cdot 16000 \rightarrow E_{\text{in}} = 176 \text{ kWh}$
 - 176 kWh kost $176 \cdot 0,2 = 35,2 \rightarrow$ de LED-lamp verbruikt in zijn leven € 35,20

24***

- a** Bepaal het vermogen van L_1 en van L_2 .
- $U_1 = 5,0 \text{ V}$ | $U_2 = 10 \text{ V}$ | $I_{\text{bron}} = 0,60 \text{ A}$ | $P = \dots \text{ W}$
 - $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow P_1 = 5 \cdot 0,6 = 3,0 \text{ W}$
 - $P_2 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow P_2 = 10 \cdot 0,6 = 6,0 \text{ W}$
- b** Hoeveel vermogen levert de spanningsbron?
- $P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 = 3 + 6 = 9,0 \text{ W}$
 - de spanningsbron levert $9,0 \text{ W}$
- c** Hoeveel lichtenergie produceert L_1 in één uur?
- $P_1 = 3,0 \text{ W}$ | $t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
 - $E = P \cdot t \rightarrow E = 3 \cdot 3600 \rightarrow E_{\text{el}} = 10800 \text{ J}$
 - $E_{\text{in}} = 10800 \text{ J}$ | $\eta = 0,35$ | $E_{\text{nut}} = \dots \text{ J}$
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,35 = \frac{E_{\text{nut}}}{10800} \rightarrow E_{\text{nut}} = 3,78 \cdot 10^3 = 3,8 \cdot 10^3 \text{ J}$

25***

- a** Bereken de grootte van de stroomsterkte die er gemiddeld geleverd kan worden door een zonnepaneel van 200 m^2 , geheel bedekt met zonnecellen.
- $P_{\text{in}} = 700 \cdot 200 = 1,4 \cdot 10^5 \text{ W}$
 - $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,15 = \frac{P_{\text{nut}}}{1,4 \cdot 10^5} \rightarrow P_{\text{nut}} = 1,4 \cdot 10^5 \cdot 0,15 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ W}$
 - $P_{\text{nut}} = U \cdot I \rightarrow 2,1 \cdot 10^4 = 48 \cdot I \rightarrow I = 437,5 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ A}$

Batterijen en accu's

26***

- a** Hoeveel energie kan er in deze batterij worden opgeslagen?
- $U = 1,2 \text{ V}$ | capaciteit $= 0,7 \text{ Ah}$ | $E_{\text{el}} = \dots \text{ Wh}$
 - $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$
 - $E_{\text{el}} (\text{Wh}) = U \cdot \text{capaciteit} (\text{Ah}) \rightarrow E_{\text{el}} (\text{Wh}) = 1,2 \cdot 0,7 = 0,84 \text{ Wh}$

b Hoeveel kWh is dit?

- van Wh naar kWh $\rightarrow$ delen door 1000 $\rightarrow E_{el} = 8,4 \cdot 10^{-4}$ kWh

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

- 1 batterij bevat $8,4 \cdot 10^{-4}$ kWh
- aantal keer opladen voor 1 kWh $\rightarrow \frac{1}{8,4 \cdot 10^{-4}} = 1190,48 = 1,2 \cdot 10^3$ keer

d Hoeveel kWh kan er in deze batterij worden opgeslagen?

- $U = 1,5$ V | capaciteit = 1,5 Ah | $E_{el} = \dots$ Wh
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{el} \text{ (Wh)} = U \cdot \text{capaciteit (Ah)} \rightarrow E_{el} \text{ (Wh)} = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25$ Wh
- $E_{el} = \frac{2,25}{1000} = 2,25 \cdot 10^{-3}$ kWh

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

- maak verhoudingstabel:

euro's	0,45	x
kWh	$2,25 \cdot 10^{-3}$	1
- kruislings vermenigvuldigen:
 $1 \cdot 0,45 = 2,25 \cdot 10^{-3} \cdot x \rightarrow x = 200 \rightarrow$ één kWh energie uit een batterij kost € 200

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

- één kWh energie uit een batterij kost € 200
- $\frac{200}{0,2} = 1000$
- elektrische energie uit een niet oplaadbare batterij kost 1000 keer zoveel als uit het lichtnet

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

- $U = 230$ V | $I = 12$ A | $t = 9,0$ h | $E = \dots$ kWh
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{el} = 230 \cdot 12 \cdot 9 = 2,484 \cdot 10^4$ Wh $\rightarrow E_{el} = 24,84 = 25$ kWh
- $\eta = \frac{E_{nut}}{E_{in}} \rightarrow 0,75 = \frac{E_{nut}}{24,84} \rightarrow E_{nut} = 18,63$ kWh
- $E = P \cdot t \rightarrow 18,63 = 42 \cdot t \rightarrow t = 0,44357$ h $\rightarrow t = 26,6143 = 27$ min

28* a** Hoeveel elektrische energie kan de CR2032 opslaan?

- capaciteit 235 mAh $\rightarrow$ batterij kan gedurende één uur 0,235 A opslaan
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{el} = 3 \cdot 0,235 \cdot 1 = 0,705$ Wh

b Hoe groot is de weerstand R van de klok?

- $E_{el} = 2 \cdot 0,705 = 1,41 \text{ Wh}$ twee batterijen in serie $U = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ V}$
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- $1,41 = 6,0 \cdot I \cdot 365 \cdot 24 \rightarrow I = 2,68265 \cdot 10^{-5} \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 6 = 2,68265 \cdot 10^{-5} \cdot R \rightarrow R = 2,2366 \cdot 10^5 = 2,2 \cdot 10^5 \Omega$

c Hoe groot is de energiedichtheid van een CR2032 in kWh/m^3 ?

- $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot (1,0 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,00531 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
- $E_{el} = 0,705 \text{ Wh} = 7,05 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}$
- energiedichtheid in $\text{kWh} / \text{m}^3 \rightarrow \frac{7,05 \cdot 10^{-4}}{1,00531 \cdot 10^{-6}} = 701,28 = 7,0 \cdot 10^2 \text{ kWh} / \text{m}^3$

d Komt dit overeen met je antwoord op vraag c?

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

29***

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

- $E_{el} = 500 \text{ Wh} \mid U = 36 \text{ V} \mid$ capaciteit = ... Ah
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{el} = U \cdot I \cdot t$
- $500 = 36 \cdot \text{capaciteit (Ah)} \rightarrow \text{capaciteit (Ah)} = 13,888 = 14 \text{ Ah}$

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

- 13,8889 Ah betekent 13,8889 A gedurende één uur
- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 13,8889 \cdot 60 \cdot 60 = 5,0 \cdot 10^5 \text{ C}$
- $Q = I \cdot t \rightarrow 5,0 \cdot 10^4 = 3 \cdot t \rightarrow t = 1,66667 \cdot 10^4 \text{ s}$
- $t = \frac{1,66667 \cdot 10^4}{60 \cdot 60} = 4,62963 = 4,6 \text{ uur} \quad (4 \text{ h en } 38 \text{ min})$

c Hoe groot is de energiedichtheid in Wh/kg ?

- $E_{el} = 500 \text{ Wh} \mid m = 3,2 \text{ kg}$
- energiedichtheid in $\text{Wh} / \text{kg} \rightarrow \frac{500}{3,2} = 1,5625 \cdot 10^2 = 1,6 \cdot 10^2 \text{ Wh} / \text{kg}$

d Hoe groot is de stroomsterkte in de elektromotor bij dit vermogen?

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

e Bereken de afstand die je kun je afleggen voordat de accu leeg is.

- $E_{el} = 500 \text{ Wh} \mid P = 100 \text{ W} \mid t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 500 = 100 \cdot t \rightarrow t = 5,0 \text{ h}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 25 \cdot 5 = 125 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ km}$

30*****a** Bereken de actieradius van de auto bij gemiddeld energieverbruik.

- $E_{\text{el}} = 55 \text{ kWh} \quad | \quad E \text{ per km} = 0,17 \text{ kWh/km} \quad | \quad s = \dots \text{ km}$

- $s = \frac{55}{0,17} = 323,5 = 3,2 \cdot 10^2 \text{ km}$

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

- bij 190 km/h wordt 1 km afgelegd in $\frac{1}{190} = 5,26316 \cdot 10^{-3} \text{ h}$

- $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{nut}} = 92 \cdot 5,26316 \cdot 10^{-3} = 0,484211 \text{ kWh/km}$

- $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,79 = \frac{0,484211}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = 0,612925 = 0,61 \text{ kWh/km}$

c Bereken de actieradius van de auto bij topsnelheid.

- $s = \frac{55}{0,612925} = 89,7337 = 90 \text{ km}$

31*****a** Bereken hoeveel elektrische energie deze powerbank kan opslaan.

- capaciteit 16000 mAh $\rightarrow$ batterij kan gedurende één uur 16 A opslaan

- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$

- $E_{\text{el}} = 3,6 \cdot 16 \cdot 1 = 57,6 \text{ Wh}$

b Bereken de lading die de powerbank kan opslaan.

- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 16 \cdot 60 \cdot 60 = 5,76 \cdot 10^4 = 5,8 \cdot 10^4 \text{ C}$

c Leg uit waarom de capaciteit bij een hogere spanning lager is.

- de powerbank kan niet meer energie afgeven dan is opgeslagen

- $E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} (\text{Wh}) = U \cdot \text{capaciteit} (\text{Ah})$

- E_{el} blijft gelijk en U neemt toe $\rightarrow$ de capaciteit wordt kleiner

d Bereken het rendement bij het verhogen van de spanning van 3,6 naar 5,1 V.

- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$

- afgestane energie $E_{\text{el}} = 5,1 \cdot 10,2 \cdot 1 = 52,02 \text{ Wh}$

- $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{52,02}{57,6} = 0,903125 = 0,90$

e Bereken hoelang de powerbank de maximale stroomsterkte kan leveren.

- afstaan bij 5,1 V: $Q = I \cdot t \rightarrow Q = 10,2 \cdot 60 \cdot 60 = 3,672 \cdot 10^4 \text{ C}$

- $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 3,6 = \frac{3,672 \cdot 10^4}{t} \rightarrow t = 1,04 \cdot 10^4 \text{ s} \rightarrow t = \frac{1,04 \cdot 10^4}{3600} = 2,833 = 2,8 \text{ h}$

6.7 Variabele weerstand en spanningsdeler

- 1*****
- a** Teken het schakelschema met daarin de voltmeter en de ampèremeter.
- ampèremeter vlak voor of vlak na de lamp in de stroomkring
 - voltmeter over de lamp (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 $I_{\text{lamp}} = 0,16 \text{ A}$
 - $U_{AS} = 230 - 90 = 140 \text{ V}$
 - $I_{AS} = \frac{140}{518} = 0,27027 \text{ A}$
 - $I_{\text{tot}} = I_{AS} = I_{SB} + I_{\text{lamp}}$
 - $I_{SB} = I_{\text{tot}} - I_{\text{lamp}} \rightarrow I_{SB} = 0,27027 - 0,16 = 0,11 \text{ A}$
- 2*****
- a** Bereken het rendement van de motor.
- $E_{\text{nut}} = 2,30 \text{ J}$
 - $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = 6 \cdot 0,25 \cdot 3,8 = 5,7 \text{ J}$
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow \eta = \frac{2,30}{5,70} = 0,4035 = 0,40$
- 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 $\rightarrow R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{6,0}{0,25} = 24 \Omega$
 - $\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{R_{BS}} + \frac{1}{R_m}$
 - $\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{27,2} + \frac{1}{24} \rightarrow R_{\text{par}} = 12,75 \Omega$
 - $R_{\text{tot}} = 12,75 + 12,8 = 25,55 \Omega$
 - $I_{\text{bron}} = \frac{U_{\text{bron}}}{R_{\text{tot}}} \rightarrow I_{\text{bron}} = \frac{12}{25,55} = 0,46967 = 0,47 \text{ A}$
- 3******
- a** Tekende 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: $U_{\text{lamp}} = 10 - 4,5 = 5,5 \text{ V}$
- aflezen: stroom door $L_1 \rightarrow I_{L1} = 50 \text{ mA}$ | stroom door $L_2 \rightarrow I_{L2} = 30 \text{ mA}$
- totale stroom: $I_{\text{bron}} = I_{L1} + I_{L2} \rightarrow I_{\text{bron}} = 50 + 30 = 80 \text{ mA}$
- $U_R = 4,5 \text{ V}$ | $I_R = 80 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ | $R = \dots \Omega$
- $R = \frac{4,5}{80 \cdot 10^{-3}} = 56,25 = 56 \Omega$

c Bepaal de sterkte van de stroom door de stroommeter.

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

6.8 Speciale componenten

1***

a Geef in figuur 1 aan hoe de spanningsmeter en de stroommeter moeten worden aangesloten.

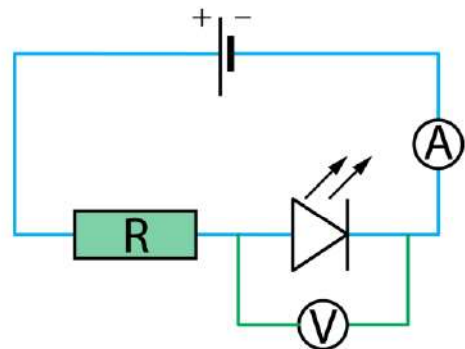
- de stroommeter in de kring
- de spanningsmeter over de LED

b Bepaal de weerstand van de LED bij een stroomsterkte van 100 mA.

- aflezen $I = 100 \text{ mA} \rightarrow U = 2,0 \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 2 = 0,1 \cdot R \rightarrow R = 20 \Omega$

c Bepaal de spanning die de spanningsbron levert als de stroomsterkte door de LED 500 mA is.

- aflezen $I = 500 \text{ mA} \rightarrow U_{\text{LED}} = 4,0 \text{ V}$
- $U_{\text{LED}} = I_{\text{LED}} \cdot R_{\text{LED}} \rightarrow 4 = 0,5 \cdot R_{\text{LED}} \rightarrow R_{\text{LED}} = 8,0 \Omega$
- $U_R = I_R \cdot R_R \rightarrow U_R = 0,5 \cdot 20 \rightarrow U_R = 10 \text{ V}$
- $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 \rightarrow U_{\text{bron}} = 10 + 4 = 14 \text{ V}$



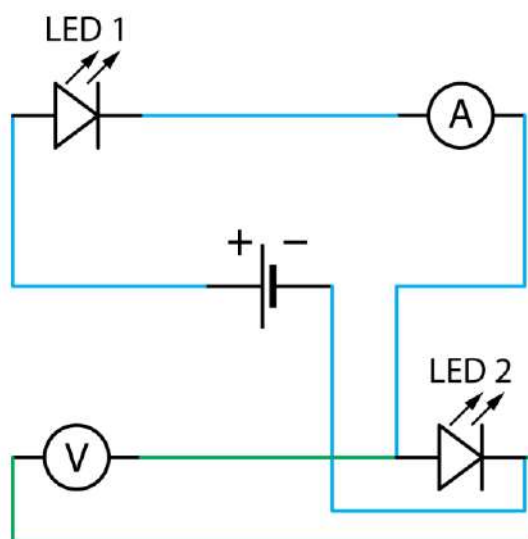
2***

a Bepaal de temperatuur van het water.

- $U_{\text{NTC}} = I_{\text{NTC}} \cdot R_{\text{NTC}} \rightarrow 7 = 0,05 \cdot R_{\text{LED}} \rightarrow R_{\text{NTC}} = 140 \Omega$
- aflezen $R_{\text{NTC}} = 140 \Omega \rightarrow T = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ (marge $2 \text{ }^\circ\text{C}$)

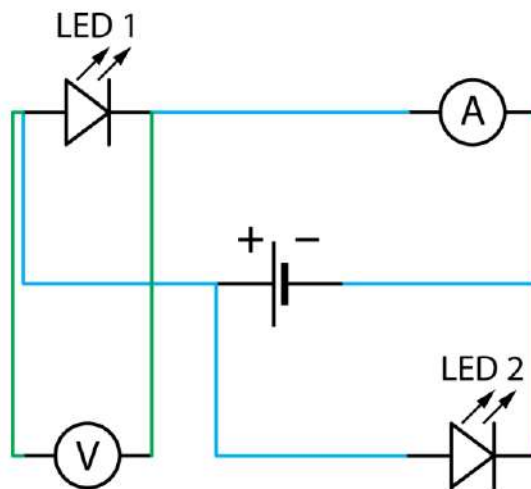
3***

a Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



4***

a Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.



5**

a Ga met een berekening na of de zekering in deze situatie smelt.

- $U_{\text{bron}} = U_{\text{motor}} = U_{\text{lamp}}$ **parallelschakeling**
 - $U_{\text{motor}} = I_{\text{motor}} \cdot R_{\text{motor}} \rightarrow 15 = I_{\text{motor}} \cdot 3,5 \rightarrow I_{\text{motor}} = 4,28571 \text{ A}$
 - $U_{\text{lamp}} = I_{\text{lamp}} \cdot R_{\text{lamp}} \rightarrow 15 = I_{\text{lamp}} \cdot 7 \rightarrow I_{\text{lamp}} = 2,14286 \text{ A}$
 - $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 \rightarrow I_{\text{tot}} = 4,28571 + 2,14286 = 6,42857 \text{ A}$ **parallelschakeling**
 - dit is meer dan 6,0 A $\rightarrow$ de zekering smelt door
- OOK GOED
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{\text{motor}}} + \frac{1}{R_{\text{lamp}}} \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{3,5} + \frac{1}{7} = \frac{2}{7} + \frac{1}{7} = \frac{3}{7} \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{7}{3} = 2,33333 \Omega$
 - $U_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 15 = I_{\text{tot}} \cdot 2,33333 \rightarrow I_{\text{tot}} = 6,42857 \text{ A}$

6.9 Elektriciteit in huis

- 1****
- a** Leg uit waarom de stopcontacten parallel moeten staan.
- omdat alle apparaten die worden aangesloten dezelfde spanning moeten krijgen
- b** Bereken de spanning over de lampen.
- $P_{\text{tot}} = 12 + 14 + 16 + 50 = 92 \text{ W}$
 - $P = U \cdot I \rightarrow 92 = U \cdot 0,4 \rightarrow U = 230 \text{ V}$
- 2****
- a** Leg uit bij welke gevaarlijke situatie een zekering bescherming biedt.
- een zekering zorgt ervoor dat de stroomsterkte niet te groot wordt
 - bij een te grote stroomsterkte worden de elektriciteitsdraden te heet waardoor brand kan ontstaan
- b** Leg uit bij welke gevaarlijke situatie een aardlekschakelaar bescherming biedt.
- een aardlekschakelaar controleert of de door de fasedraad (bruin) aangevoerde stroom door de nuldraad (blauw) wordt afgevoerd
 - bij een verschil gaat er misschien stroom via een persoon naar de aarde wat dodelijk kan zijn
- 3****
- De keuken wordt verwarmd door een straalkachel met een vermogen van 2000 W. Om water te koken wil je een waterkoker van 1800 W gebruiken. De zekering (smeltveiligheid) waarmee de keuken is beveiligd schakelt de stroom uit bij 16 A.
- a** Ga met een berekening na of je de waterkoker kunt aanzetten als ook de straalkachel aanstaat.
- $P_{\text{tot}} = 2000 + 1800 = 3600 \text{ W}$
 - $3600 = 230 \cdot I \rightarrow I = 16,52174 \text{ A}$
 - dit is meer dan 16 A $\rightarrow$ de zekering schakelt de stroom af
- 4*****
- a** Hoeveel contacten heeft een gewone stekker met randaarde?
- drie contacten $\rightarrow$ aanvoer (fasedraad, bruin) afvoer (nuldraad, blauw) en aardverbinding (aarddraad, geel/groen)
- b** Leg uit waarom er een contact met de aarde is.
- de buitenkant van een apparaat wordt met de aarddraad verbonden zodat je nooit onder stroom kunt staan als je het apparaat aanraakt
- c** Leg uit wat een groep is.
- de stroom die het huis binnenkomt wordt verdeeld over groepen
 - verschillende ruimtes in het huis worden door een eigen groep van stroom voorzien

d Hoeveel vermogen kan één groep maximaal leveren?

- $P = U \cdot I \rightarrow P_{\max} = 230 \cdot 16 = 3680 \text{ W}$

e Wat gebeurt er als het vermogen groter is dan dit maximum?

- de groepszekering schakelt de stroom uit bij meer dan 16 A
- als het vermogen groter is dan 3680 W is de stroomsterkte groter dan 16 A
- bij te veel vermogen wordt de stroom uitgeschakeld

f Leg uit waarom groepen worden gebruikt.

- als de stroom wordt uitgeschakeld geldt dit maar voor een deel van het huis
- alle apparaten in huis hebben samen meer dan 3680 W vermogen

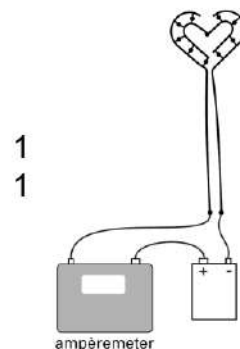
Examenvragen – elektriciteit havo

Verwarmingslint

- 2p **1** 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 OOK GOED 1
 - het lint gaat langer mee als je de stekker uit het stopcontact haalt
- 4p **2** 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
 - $P = U \cdot I \rightarrow 15 = 230 \cdot I \rightarrow I = 6,52174 \cdot 10^{-2}\text{ A}$ 1
 - gebruik $U = I \cdot R$ 1
 - $230 = 6,52174 \cdot 10^{-2} \cdot R \rightarrow R = 3,52667 \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^3\text{ }\Omega$ 1
- 3p **3** 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 een kleine totale weerstand dus situatie A hoort bij een lage buitentemperatuur 1
- 3p **4** 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 **1** Bereken de spanning tussen de polen van de batterij.
- de spanning tussen de polen is $U_{\text{tot}} = U_{\text{AB}} + U_{\text{BC}} + U_{\text{CD}}$ serieschakeling 1
 - $U_{\text{tot}} = 3,0 + 1,5 + 4,0 = 8,5\text{ V}$ 1
- 2p **2** Teken in figuur 3 in het werkboek de verbindingsdraden die nodig zijn om deze stroomsterkte te meten.
- stroomkring gesloten
 - ampèremeter in de kring



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

Inschakelen van een lampje

- 2p **1** 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 **2** Bepaal de weerstandswaarde van het lampje op $t = 0 \text{ s}$.
- aflezen op $t = 0$ is de stroomsterkte $0,35 \text{ A}$ 1
 - $U_{\text{tot}} = R_{\text{tot}} \cdot I_{\text{tot}} \rightarrow 6 = R_{\text{tot}} \cdot 0,35 \rightarrow R_{\text{tot}} = 17,143 \Omega$ 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 **3** 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 **want metaal heeft een PTC** 1
- 4p **4** Bepaal het vermogen dat het lampje opneemt als de stroomsterkte constant is geworden.
- aflezen op $t = 0,050 \text{ s}$ is de stroomsterkte $0,080 \text{ A}$ 1
 - $U_{\text{tot}} = U_R + U_{\text{lampje}} \rightarrow 6 = 2 \cdot 0,08 + U_{\text{lampje}} \rightarrow U_{\text{lampje}} = 5,84 \text{ V}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $P = 5,84 \cdot 0,080 = 0,4672 = 0,47 \text{ W}$ 1

Achterrautverwarming

- 3p **1** Bereken hoelang het minimaal duurt om dit ijs te smelten.
- $334 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \rightarrow E = 334 \cdot 10^3 \cdot 0,220 = 7,348 \cdot 10^4 \text{ J}$ 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 **2** 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 **3** Toon aan dat de weerstand van één verwarmingsdraad $11,8 \Omega$ is.
- $P = U \cdot I \rightarrow 180 = 12,8 \cdot I \rightarrow I = 14,0625 \text{ A}$ voor 13 draden 1
 - door één draad $I = \frac{14,0625}{13} = 1,08173 \text{ A}$ parallelschakeling 1
 - gebruik $U = I \cdot R$ met $U = 12,8 \text{ V}$ parallelschakeling 1
 - $U = I \cdot R \rightarrow 12,8 = 1,08173 \cdot R \rightarrow R = 11,8329 = 11,8 \Omega$ 1
- 4p **4** Ga na of de opgave van de fabrikant klopt.
- gebruik $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$ 1
 - $A = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2 = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ 1
 - $\rho = \frac{11,8 \cdot 4,2 \cdot 10^{-8}}{1,1} \rightarrow \rho = 0,450545 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$ 1
 - opzoeken $\rho = 0,45 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m} \rightarrow$ klopt 1
- 2p **5** 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 **6** 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 $\rightarrow U_{\text{RS}}$ vrijwel 0 V 1

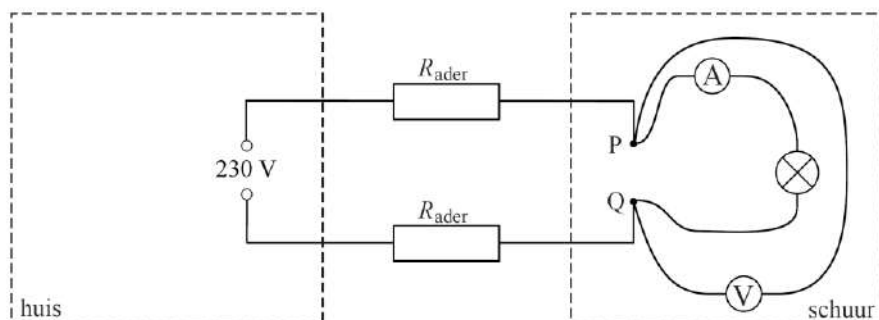
	(vrijwel) 0 V	(vrijwel) 12,8 V
U_{PQ}		X
U_{RS}	X	

Kabelhaspel

- 2p **1** 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 **2** 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 **3** Bereken de weerstand van één ader.
- gebruik $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 1
 - opzoeken $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ soortelijke weerstand 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 **4** Leg uit waarom. Bespreek daartoe achtereenvolgens hoe door het aansluiten van de straalkachel de volgende grootheden veranderen:
- de totale weerstand,
 - de stroomsterkte door de aders van de kabel,
 - de spanning over de aders van de kabel,
 - de spanning over de lamp.
- de totale weerstand 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

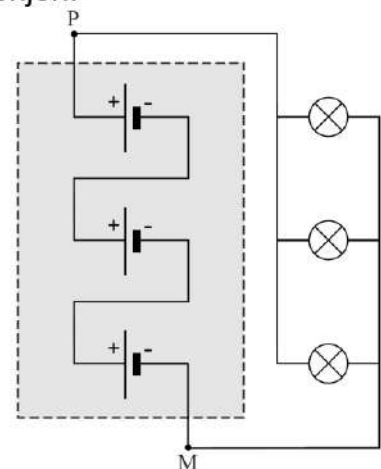
- 3p **1** Teken in figuur 2 de noodzakelijke verbindingsdraden.
- de stroommeter en de lamp in serie geschakeld 1
 - de spanningsmeter over het lampje (of op de punten P en Q) 1
 - beide meters goed 1



- 3p **2** Leg met behulp van figuur 3 uit welk apparaat de kleinste weerstand heeft.
- inzicht dat de stroomsterkte door de straalkachel K is het grootst is 1
 - inzicht dat de spanning over de straalkachel is het kleinst is 1
 - $R = \frac{U}{I} \rightarrow$ de straalkachel heeft de kleinste weerstand 1
- 4p **3** 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 **4** 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 **1** 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 **2** 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 1
 - de rechterkanten van de lampjes verbonden met de andere pool 1
- 4p **3** Bereken hoeveel uur de koplamp kan branden.
- omrekenen $I = 0,028$ A en $E = 50 \cdot 10^3$ J 1
 - $P = U \cdot I \rightarrow P = 4,5 \cdot 0,028 = 0,126$ W 1
 - $E = P \cdot t \rightarrow 50 \cdot 10^3 = 0,126 \cdot t \rightarrow t = 3,968254 \cdot 10^5$ s 1
 - $t = \frac{3,968254 \cdot 10^5}{3600} = 1,1023 \cdot 10^2 = 1,1 \cdot 10^2$ h 1
- 2p **4** 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 1
 - de spanningsbron levert een kleinere stroomsterkte 1



Elektrische deken

- 1p **1** Leg dit uit met behulp van figuur 1.
- in stand I zijn de draden in serie geschakeld
 $R_{AB} = R_{AC} + R_{BC} = 529 + 529 = 1058 \Omega$ 1
- 3p **2** Bereken het elektrisch vermogen van de deken in stand I.
- $U_{bron} = I_{bron} \cdot R_{tot} \rightarrow 230 = I_{bron} \cdot 1058 \rightarrow I_{bron} = 0,21739 \text{ A}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ 1
 - $P = 230 \cdot 0,21739 = 50,0 \text{ W}$ 1
- 2p **3** 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 1
 - $R_{AC} = 529 \Omega$ dus twee keer zo klein als in stand I 1
- 2p **4** 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 1
 - de stroom in stand III is 2x zo groot als in stand I $\rightarrow$ 2x zo veel vermogen 1

Centennial light

- 4p **1** Bereken de hoeveelheid energie in kWh die deze lamp heeft verbruikt tussen 1901 en 2024. Maak daartoe eerst een schatting van het totaal aantal uur dat de lamp heeft gebrand.
- 123 jaar gebrand $\rightarrow 123 \cdot 365 \cdot 24 = 1,07748 \cdot 10^6 \text{ h}$ 1
 - $P = 4,0 \text{ W} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$ 1
 - gebruik $E = P \cdot t$ 1
 - $E = 4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,07748 \cdot 10^6 = 4,30992 \cdot 10^3 = 4,31 \cdot 10^3 \text{ kWh}$ 1
- 5p **2** 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
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 3,63636 \cdot 10^{-2} \cdot 1,07748 \cdot 10^6 \cdot 60 \cdot 60 = 1,41052 \cdot 10^8 \text{ C}$ 1
 - inzicht aantal elektronen = $\frac{\text{totale lading}}{\text{lading 1 elektron}}$ 1
 - opzoeken lading van het elektron $1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ 1
 - aantal elektronen = $\frac{1,41052 \cdot 10^8}{1,60218 \cdot 10^{-19}} = 8,80375 \cdot 10^{26} = 8,80 \cdot 10^{26} \text{ elektronen}$ 1
- 2p **3** 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 **4** 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
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow A = \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot 3,1 \cdot 10^{-5})^2 = 7,54768 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ 1
 - $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow \rho = \frac{3,025 \cdot 10^3 \cdot 7,54768 \cdot 10^{-10}}{0,14} \rightarrow \rho = 1,63084 \cdot 10^{-5} = 1,6 \cdot 10^{-5} \Omega \text{ m}$ 1
 - aflezen: $T = 1,6 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ 1
- 2p **5** Bereken de levensduur die de lamp dan zou hebben gehad.
- bereken factor $\left(\frac{110}{120}\right)^{16} = 0,248532$ 1
 - de levensduur is dan $150 \cdot 0,248532 = 37,28 = 37 \text{ jaar}$ 1

BritNed

- 1p **1** Ben je het met deze bewering eens of oneens? Licht je antwoord toe.
- oneens, want in een stroomkring is de stroomsterkte constant en gaat er geen stroomsterkte verloren 1
- 3p **2** Toon dit aan met een berekening.
- $P = U \cdot I \rightarrow 1000 \cdot 10^6 = 450 \cdot 10^3 \cdot I \rightarrow I = 2,22222 \cdot 10^3 \text{ A}$ 1
 - gebruik $U = I \cdot R$ met $U = 450,0 \cdot 10^3 - 446,6 \cdot 10^3 = 3,4 \cdot 10^3 \text{ V}$ 1
 - competeren $3,4 \cdot 10^3 = 2,22222 \cdot 10^3 \cdot R \rightarrow R = 1,53 \Omega$ 1
- 4p **3** Toon dit aan met een berekening.
- opzoeken $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ [de soortelijke weerstand van koper](#) 1
 - gebruik $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow 17 \cdot 10^{-9} = \frac{1,53 \cdot A}{260 \cdot 10^3} \rightarrow A = 2,88889 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ 1
 - gebruik $A = \pi \cdot r^2$ 1
 - $2,889 \cdot 10^{-3} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 3,032 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow d = 2 \cdot r = 6,065 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 6,1 \text{ cm}$ 1
- 3p **4** Toon dit aan met een berekening.
- gebruik $V = A \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot 6,1 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 260 \cdot 10^3 = 7,59841 \cdot 10^2 \text{ m}^3$ 1
 - opzoeken $\rho_{\text{koper}} = 8,96 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ [de dichtheid van koper](#) 1
 - $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 8,96 \cdot 10^3 = \frac{m}{7,59841 \cdot 10^2} \rightarrow m = 6,80818 \cdot 10^6 \text{ kg} = 6,8 \cdot 10^3 \text{ ton}$ 1
- 4p **5** Bereken de temperatuurstijging van de kabel in de eerste minuut na inschakelen. Ga ervan uit dat alle geproduceerde warmte door de kabel wordt opgenomen.
- $P = \frac{E}{t} \rightarrow 7,6 \cdot 10^6 = \frac{E}{60} \rightarrow E = 4,56 \cdot 10^8 \text{ J}$ 1
 - gebruik $E = Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ 1

- opzoeken $c_{\text{koper}} = 0,387 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ soortelijke warmte van koper 1
- $4,56 \cdot 10^8 = 0,387 \cdot 10^3 \cdot 6,8 \cdot 10^3 \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = 0,17328 = 0,17 \text{ }^\circ\text{C}$ 1

3p 6 Bereken de waarde van de constante c in $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

- inzicht $P = 7,6 \cdot 10^6 \text{ W}$ het vermogensverlies in de kabel 1
- genruik $P = c \cdot \ell \cdot \Delta T$ met $\Delta T = 25 - 10 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- $7,6 \cdot 10^6 = c \cdot 260 \cdot 10^3 \cdot 15 \rightarrow c = 1,9487 = 1,9 \text{ (W m}^{-1} \text{ K}^{-1})$ eenheid niet verplicht 1

2p 7 Geef in het werkboek met een kruisje aan of deze stofeigenschap bij voorkeur groot moet zijn, klein moet zijn, of niet van belang is in deze situatie.

- drie goed 2
- twee goed 1
- één of nul goed 0

stofeigenschap	bij voorkeur groot	bij voorkeur klein	niet van belang
warmtegeleidingscoëfficiënt	x		
dichtheid			x
soortelijke weerstand	x		

- warmtegeleidingscoëfficiënt groot, zodat de warmte snel wordt afgevoerd
- dichtheid is niet belangrijk bij het isoleren
- de soortelijke weerstand groot, zodat de elektriciteit niet naar water kan lekken

2p 8 Geef in het werkboek van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is.

- drie goed 2
- twee goed 1
- één of nul goed 0

bewering	juist	onjuist
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel wordt er minder energie in warmte omgezet tussen Nederland en Engeland.		x
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel is de stroomsterkte van Nederland naar Engeland groter.		x
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel is er meer koper nodig.		x

Omdat de doorsnede van de twee kabels is even groot als de doorsnede van de enkele kabel en de lengte van de twee kabels even groot is hebben de twee kabels samen dezelfde weerstand als de enkele kabel. Er wordt dus evenveel energie omgezet in warmte en de stroomsterkte blijft hetzelfde. Ook het volume van de twee kabels is hetzelfde als dat van de enkele kabel, en de massa's zijn dus ook gelijk.

Elektrische auto

3p 1 Bereken de actieradius van de Twizy bij gemiddeld energieverbruik.

- inzicht $\text{actieradius} = \frac{\text{opslagcapaciteit accu}}{\text{energieverbruik per km}}$ 1
- invullen $6,1 \text{ kWh}$ en $0,075 \text{ kWh km}^{-1}$ 1
- $\text{actieradius} = \frac{6,1}{0,075} = 81,333 = 81 \text{ km}$ 1

- 4p **2** 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 $\rightarrow$ 1 liter benzine $\rightarrow 9,2 \text{ kWh}$ dus Twizy gebruikt minder energie 1
- 4p **3** Bereken het energieverbruik per km (in kWh km⁻¹) van de Twizy bij topsnelheid.
- inzicht één uur topsnelheid 8,5 kWh nuttige energie 1
 - $\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \rightarrow 0,87 = \frac{8,5}{E_{\text{in}}} \rightarrow E_{\text{in}} = 9,77011 \text{ kWh}$ 1
 - inzicht energieverbruik per km $\frac{E_{\text{in}}}{\text{afstand}}$ 1
 - $\frac{9,77011}{80} = 1,22126 \cdot 10^{-1} = 0,12 \text{ kWh / km}$ 1
- 2p **4** Bereken de grootte van de totale wrijvingskracht bij topsnelheid.
- inzicht constante snelheid $F_{\text{res}} = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_{\text{w}}$ 1
 - gebruik $P = F \cdot v$ 1
 - $8,5 \cdot 10^3 = F \cdot \frac{80}{3,6} \rightarrow F = F_{\text{w}} = 382,5 = 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 3p **5** 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 **6** 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 **1** Reken deze snelheid om naar km h⁻¹.
- opzoeken 1 knoop = 0,51444 m / s Binas tabel 5 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 **2** 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 **3** 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 **4** Geef bij elke schakeling aan of de motoren juist of onjuist zijn aangesloten.
- I = onjuist | II = onjuist | **III = juist**
 - 3 goed $\rightarrow$ 2 punten | 2 goed $\rightarrow$ 1 punt 2
- 4p **5** 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 $33 \cdot 10^9 \text{ J/m}^3$ [Binas tabel 28B](#) 1
 - benzineverbruik in 2,5 uur $\frac{2,05714 \cdot 10^8}{33 \cdot 10^9} = 6,2338 \cdot 10^{-3} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 6,2 \text{ liter}$ 1

Lassen

- 1p **1** Hoe heet de tweede faseovergang in het beschreven lasproces?
- C stollen 1
- 3p **2** Toon dat aan met een berekening.
- gebruik $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$ met $\rho_{\text{ijzer}} = 105 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ [soortelijke weerstand](#) 1
 - $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} \rightarrow R = \frac{105 \cdot 10^{-9} \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}}{6,4 \cdot 10^{-5}} \rightarrow R = 2,953 \cdot 10^{-6} \Omega$ 1
 - $U = I \cdot R \rightarrow U = 68 \cdot 10^3 \cdot 2,95313 \cdot 10^{-6} = 2,0081 \cdot 10^{-1} = 0,20 \text{ V}$ 1
- 5p **3** Bereken na hoeveel tijd het ijzer begint te smelten.
- $\Delta T = 1811 - 293 = 1518 \text{ K}$ 1
 - $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 0,46 \cdot 10^3 \cdot 9,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1518 = 6,35435 \cdot 10^2 \text{ J}$ 1
 - gebruik $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t$ 1
 - $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,15 = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow P_{\text{nut}} = 0,15 \cdot 0,20 \cdot 68 \cdot 10^3 = 2,049 \cdot 10^3 \text{ W}$ 1
 - $E = P \cdot t \rightarrow 6,35435 \cdot 10^2 = 2,049 \cdot 10^3 \cdot t \rightarrow t = 0,31149 = 0,31 \text{ s}$ 1
- 2p **4** Leg uit of de stroomsterkte door de elektroden tijdens het maken van meerdere lassen naast elkaar groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- inzicht dat de weerstand kleiner wordt bij meerdere lassen [want parallel](#) 1
 - $U = I \cdot R$ met U blijft gelijk en R neemt af $\rightarrow$ de stroomsterkte wordt groter 1

- 2p **5** Leg met behulp van figuur 7 uit of ijzer een PTC-materiaal of een NTC-materiaal is.
- tijdens het lassen wordt de temperatuur hoger en neemt de weerstand toe en
 - dit is een eigenschap van PTC-materiaal
- 2p **6** Geef in het werkboek per stelling met een kruisje aan of deze waar of niet waar is.

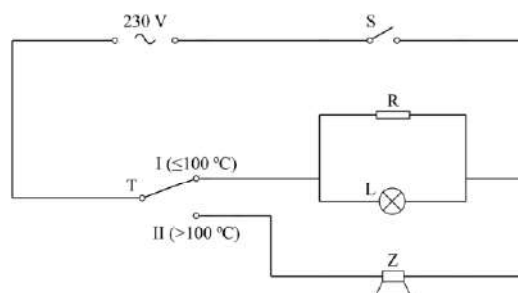
- drie goed 2
- twee goed 1
- één of nul goed 0

Het heet worden van de elektroden wordt veroorzaakt door:	waar	niet waar
het hoge smeltpunt van het koper van de elektroden		X
de elektrische weerstand van de koperen elektroden	X	
de grote kracht die de elektroden uitoefenen op de ijzeren platen		X

Elektrische eierkoker

- 4p **1** Teken in het werkboek de overige draden in het schema zodat de eierkoker functioneert volgens de drie ontwerpeisen.

- schakelaar S in serie met de overige componenten 1
- R en L beide aangesloten op I 1
- R en L parallel aangesloten 1
- Z aangesloten op II 1



- 2p **2** Leg uit dat deze waarneming in overeenstemming is met zijn meting dat de werktijd met deksel langer is dan zonder deksel.

- de eierkoker schakelt pas uit als al het water verdampt / verdwenen is 1
- door het condenseren duurt het langer voor al het water verdwenen is 1

- 2p **3** Geef per aanpassing aan of t daardoor afneemt of toeneemt.

- drie goed 2
- twee goed 1
- één of nul goed 0

aanpassing ontwerp	de werktijd neemt af	de werktijd neemt toe
een verwarmingselement met een grotere weerstand R		X
een groter gat in het deksel	X	
warmte-isolatie rondom het deksel	X	

- 3p **4** Leg met behulp van figuur 4 uit of het rendement van de eierkoker bij het in één keer koken van 7 eieren groter is dan, kleiner is dan of even groot is als bij het koken van 1 ei.

- de werktijd voor het koken van 7 eieren ($t = 710$ s) is korter dan 7 keer de werktijd voor het koken van 1 ei ($7 \cdot 580 = 4060$ s) 1
- de opgenomen elektrische energie neemt toe met de werktijd 1
- het rendement voor het koken van 7 eieren is groter dan voor één ei 1

- 3p **5** Toon met figuur 4 en met een berekening aan of deze stelling kan kloppen voor het koken van 1 ei met de eierkoker.
- werktijd t zonder eieren is 518 s en met ei 580 s $\rightarrow \Delta t = 580 - 518 = 62$ s 1
 - $E = P \cdot t \rightarrow E = 320 \cdot 62 = 1984$ J = 20 kJ 1
 - 20 kJ is meer dan 14 kJ dus de stelling kan kloppen 1
- 3p **6** Toon met een berekening aan of de elektrische eierkoker energiezuiniger is dan de gaspit bij het koken van vier eieren. Ga uit van 'Gronings' aardgas (Binas).
- $\rho = \frac{m}{V}$ met $\rho = 0,833$ kg m⁻³ $\rightarrow 0,833 = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{V} \rightarrow V = 1,68067 \cdot 10^{-2}$ m³ 1
 - gebruik $E_{ch} = r_v \cdot V$ met $r_v = 8,9$ kWh m⁻³ [Binas tabel 28B](#) 1
 - $E_{ch} = 8,9 \cdot 1,68067 \cdot 10^{-2} = 1,4958 \cdot 10^{-1}$ kWh dit is meer dan $5,7 \cdot 10^{-2}$ kWh 1

Exploderende draad

- 4p **1** Toon met een berekening aan of de draad dikker of dunner was dan een mensenhaar.
- opzoeken $\rho_{\text{koper}} = 17 \cdot 10^{-9}$ Ω m [soortelijke weerstand](#) 1
 - $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow 17 \cdot 10^{-9} = \frac{35 \cdot A}{80} \rightarrow A = 3,88571 \cdot 10^{-8}$ m² 1
 - $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 3,88571 \cdot 10^{-8} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,11214 \cdot 10^{-4}$ m 1
 - $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2,224 \cdot 10^{-4}$ m = 0,2224 mm $\rightarrow$ dikker dan een mensenhaar 1
- 3p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid dit af met formules uit een informatieboek.
 - Bereken de spanning waarop de draad was aangesloten.
 - gebruik $P = U \cdot I$ en $U = I \cdot R$ 1
 - $P = U \cdot \frac{U}{R} \rightarrow P = \frac{U^2}{R}$ 1
 - $P = \frac{U^2}{R} \rightarrow 7,1 \cdot 10^9 = \frac{U^2}{35} \rightarrow U = 4,98498 \cdot 10^5 = 5,0 \cdot 10^5$ V 1
- 1p **3** Hoe heet dit type weerstand?
- **D** PTC 1
- 4p **4** Bereken hoe vaak deze accu opgeladen kan worden met de hoeveelheid energie die nodig was voor het maken van de bliksem.
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 7,1 \cdot 10^9 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} = 9,94 \cdot 10^4$ J 1
 - $9,94 \cdot 10^4$ J = $\frac{9,94 \cdot 10^4}{3,6 \cdot 10^6} = 2,76111 \cdot 10^{-2}$ kWh = 27,6111 Wh 1
 - aantal keer opladen is $\frac{E_{\text{bliksem}}}{E_{\text{accu}}}$
 - $\frac{E_{\text{bliksem}}}{E_{\text{accu}}} = \frac{27,6111}{9,88} = 2,79465 = 2,8$ keer [ook goed 2 keer of 3 keer opladen](#) 1

- 2p **5** Voer de volgende opdrachten uit. Gebruik daarbij het moleculair model van materie.
- Geef aan wat er met de beweging van de koperdeeltjes in de draad gebeurde tijdens het toenemen van de temperatuur.
 - Geef aan wat er met de onderlinge posities van de koperdeeltjes gebeurde bij de faseovergang van vast naar vloeibaar koper.
 - het toenemen van de temperatuur betekent dat de koperatomen sneller gaan trillen 1
 - de koperatomen verliezen hun vaste plek ten opzichte van elkaar 1
- 2p **6** Toon met behulp van figuur 2 aan of de druppels het publiek konden bereiken.
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 0,9 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-4} = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ 1
 - het publiek staat verder dan 9,0 cm $\rightarrow$ de druppels bereiken het publiek niet 1

Zelfbouw zaklamp

- 4p **1** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken uit hoeveel losse accu's het accupakket moet bestaan om iedere led op de juiste spanning en het juiste vermogen te laten werken.
 - Geef aan of de accu's in serie of parallel moeten worden geschakeld.
 - $P = U \cdot I \rightarrow 1,0 \cdot 10^2 = U \cdot 3 \rightarrow U = 33,3333 \text{ V}$ 1
 - inzicht aantal accu's $= \frac{U_{\text{led}}}{U_{\text{accu}}}$ 1
 - aantal accu's $= \frac{33,333}{11,1} = 3$ 1
 - $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + U_3 \rightarrow$ de accu's staan in serie 1
- 4p **2** Bereken hoeveel minuten het accupakket de leds kan laten branden.
- parallel $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \rightarrow I_{\text{tot}} = 8 \cdot 3 = 24 \text{ A}$ 1
 - inzicht capaciteit $= I \cdot t$ **I in ampère en t in uur** 1
 - $5 = 24 \cdot t \rightarrow t = 0,20833 \text{ h}$ 1
 - $t = 0,20833 \cdot 60 = 12,5 = 13 \text{ min}$ 1
- 5p **3** Bereken hoelang het dan duurt voordat het water in één koelblok kookt.
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot (100 - 20) = 8,36 \cdot 10^3 \text{ J}$ 1
 - $P_{\text{in}} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ W}$ 1
 - $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} \rightarrow 0,35 = \frac{P_{\text{nut}}}{400} \rightarrow P_{\text{nut}} = 140 \text{ W} \rightarrow P_{\text{warmte}} = 400 - 140 = 260 \text{ W}$ 1
 - inzicht $E = P \cdot t$ met $E = Q = 8,36 \cdot 10^3 \text{ J}$ 1
 - $260 \cdot t = 8,36 \cdot 10^3 \rightarrow t = 32,1538 = 32 \text{ s}$ 1

2p **4** Omcirkel in de tabel in het werkboek voor elke plek (I, II en III) de belangrijkste vorm van warmtetransport.

- drie goed 2
- twee goed 1
- één of nul goed 0

plek	situatie	belangrijkste vorm van warmtetransport
I	warmtetransport door de wand van het koelblok	geleiding
II	warmtetransport van koelblok naar radiator	stroming
III	warmtetransport van de radiator naar de omgeving door het draaien van de ventilator	stroming

1p **5** Welk schakelschema is juist?

- **B** schema II

Examenvragen – elektriciteit vwo

Hoogspanningskabel (aangepast)

- 4p 1 Bereken het aantal koperdraden in de kabel.
- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$ met $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 1
 - $17 \cdot 10^{-9} = \frac{7,2 \cdot 10^{-2} \cdot A_{\text{kabel}}}{3000} \rightarrow A_{\text{kabel}} = 7,08333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ 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

- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 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 2 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
- $U = I \cdot R \rightarrow U_{\text{kabel}} = 2,66667 \cdot 10^3 \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} = 192 \text{ V}$ 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 3 Bereken de spanning die nodig is om een verlies in de kabels van $8,0 \cdot 10^4 \text{ W}$ te krijgen.

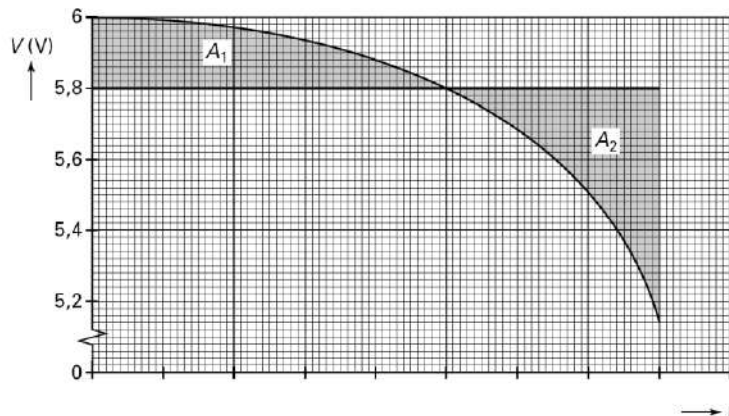
- $P_{\text{kabels}} = U_{\text{kabels}} \cdot I_{\text{kabels}} \rightarrow 8,0 \cdot 10^4 = U_{\text{kabels}} \cdot I_{\text{kabels}} \rightarrow U_{\text{kabels}} = \frac{8,0 \cdot 10^4}{I_{\text{kabels}}}$ 1
- $U_{\text{kabels}} = I_{\text{kabels}} \cdot R_{\text{kabels}} \rightarrow \frac{8,0 \cdot 10^4}{I_{\text{kabels}}} = I_{\text{kabels}} \cdot 7,2 \cdot 10^{-2} \rightarrow I_{\text{kabels}} = 1,05409 \cdot 10^3 \text{ A}$ 1
- serie $\rightarrow I_{\text{kabels}} = I_{\text{gebruikers}}$ 1
- $P = U \cdot I \rightarrow 400 \cdot 10^6 = U \cdot 1,05409 \cdot 10^3 \rightarrow U = 3,79473 \cdot 10^5 = 3,8 \cdot 10^5 \text{ V}$ 1

Controlelampje (aangepast)

- 2p 1 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 5,8V.
- 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
- inzicht dat $A_1 = A_2$ bij $u = 5,8 \text{ V}$

1
1



4p **2** Bereken de prijs per kWh uit deze vier batterijen.

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

1
1
1
1

OOK GOED

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

1
1
1
1

4p **3** Bereken hoelang het duurt voordat de LED gaat knipperen.

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

1
1
1
1

Spanningzoeker

4p **1** Leg uit dat de rubberzolen voldoende bescherming bieden. Bereken daartoe eerst de weerstand van de rubberzolen.

- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell} \rightarrow R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ met $\rho = 10^{13} \Omega \text{ m}$
- $\ell = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ en $A = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

1
1

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

- 3p 2 Bereken hoe groot de weerstand van het lampje dan minimaal moet zijn.
- inzicht 80 V over lampje $\rightarrow 230 - 80 = 150 \text{ V}$ over $1,0 \text{ M}\Omega$ plus $300 \text{ k}\Omega$ 1
 - $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 \rightarrow I = \frac{150}{1,0 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6} \rightarrow I = 1,15385 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ 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 1 Bereken het aantal parallelle weerstanden n in $1,00 \text{ m}$ verwarmingslint.
- totale stroomsterkte $P = U_{\text{tot}} \cdot I_{\text{tot}} \rightarrow 180 = 230 \cdot I_{\text{tot}} \rightarrow I_{\text{tot}} = 0,78261 \text{ A}$ 1
 - één weerstand $U = I \cdot R \rightarrow 230 = I_R \cdot 10 \cdot 10^3 \rightarrow I_R = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ 1
 - inzicht $n = \frac{I_{\text{tot}}}{I_R}$ 1
 - $n = \frac{0,78261}{0,023} = 34,026 = 34$ parallelle weerstanden 1

OOK GOED

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

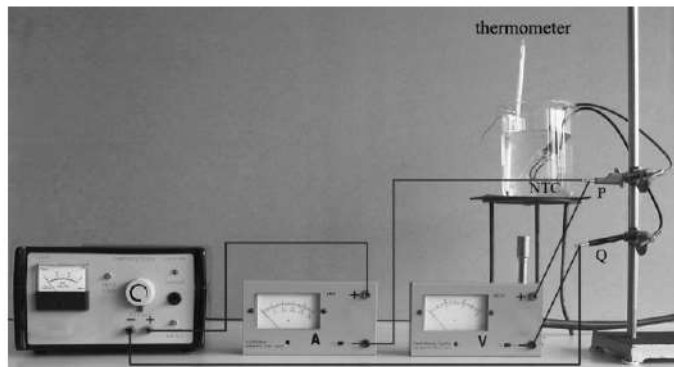
- 3p 2 Bereken hoe lang het verwarmingslint maximaal mag zijn als de gebruikte groep een zekering van 16 A heeft.
- $P_{\text{max}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{max}} \rightarrow P_{\text{max}} = 230 \cdot 16 = 3680 \text{ W}$ 1
 - inzicht $\ell = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{per meter}}}$ 1
 - $\ell = \frac{3680}{180} = 20,444 = 20 \text{ m}$ 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 1 Teken in figuur 1 in het werkboek 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 2 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 dat bij lage temperatuur R_{NTC} groot is 1
 - inzicht dat U_{NTC} groot is als R_{NTC} groot is 1
 - inzicht dat U_{LED} is klein is als U_{NTC} groot is 1
 - als bij lage temperatuur U_{LED} kleiner is dan 1,5 V brandt de LED niet 1
- 5p 3 Bepaal de waarde waarop de variabele weerstand wordt ingesteld.
- aflezen figuur 2 bij 20 °C $\rightarrow R_{NTC} = 590 \Omega$ (marge 20 Ω) 1
 - aflezen figuur 3 bij 1,0 mA $\rightarrow U_{LED} = 1,5$ V 1
 - inzicht $U_{bron} = U_{NTC} + U_{LED} \rightarrow U_{NTC} = 5 - 1,5 = 3,5$ V 1
 - $U_{NTC} = I_{NTC} \cdot R_{NTC} \rightarrow 3,5 = I_{NTC} \cdot 590 \rightarrow I_{NTC} = 5,9322 \cdot 10^{-3}$ A 1
 - inzicht $I_R = I_{NTC} - I_{LED} \rightarrow I_R = 5,9322 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 4,9322 \cdot 10^{-3}$ A 1
 - $U_R = I_R \cdot R \rightarrow 1,5 = 4,9322 \cdot 10^{-3} \cdot R \rightarrow R = 3,04124 \cdot 10^2 = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$ 1

Vol of leeg?

- 2p 1 Bereken hoeveel elektrische energie de batterij kan leveren.
- inzicht $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E = U \cdot I \cdot t$ 1
 - $E_{el} = 1,5 \cdot 2,3 \cdot 60 \cdot 60 = 1,242 \cdot 10^4 = 1,2 \cdot 10^4$ J 1
- 3p 2 Bereken hoeveel jaar de klok op de batterij kan lopen.
- $U = I \cdot R \rightarrow 1,5 = I \cdot 12 \cdot 10^3 \rightarrow I = 1,25 \cdot 10^{-4}$ A 1
 - inzicht $t(h) = \frac{2,300}{I}$ 1
 - $t = \frac{2,300}{1,25 \cdot 10^{-4}} = 1,84 \cdot 10^4$ uur $\rightarrow \frac{1,84 \cdot 10^4}{24 \cdot 365} = 2,1$ jaar 1

- 3p **3** 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 **4** Leg uit aan welke kant van de strip de temperatuur het hoogst is: aan de smalle of aan de brede kant.
- inzicht serieschakeling $\rightarrow$ de stroomsterkte in de strip is overal even groot 1
 - inzicht dat het smalste stukje de grootste weerstand heeft en dat bij de grootste weerstand de temperatuur het hoogst wordt 1
- 3p **5** 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 **1** Bereken de lengte van de constantaandraad.
- $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$ met $\rho = 0,45 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$ 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
 - $0,45 \cdot 10^{-6} = \frac{350 \cdot 1,25664 \cdot 10^{-9}}{\ell} \rightarrow \ell = 0,977384 = 0,98 \text{ m}$ 1
- 2p **2** Geef twee redenen hiervoor.
- inzicht uittrekken $\rightarrow \ell$ wordt groter 1
 - inzicht uittrekken $\rightarrow A$ wordt kleiner 1
- 3p **3** Toon dat aan.
- $U = I \cdot R \rightarrow 5 = I_{\text{nieuw}} \cdot (351 + 350) \rightarrow I_{\text{nieuw}} = 7,13267 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 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 **4** 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
- $U_{\text{rek}} = I_{\text{rek}} \cdot R_{\text{rek}} \rightarrow U_{\text{rek}} = 7,14286 \cdot 10^{-3} \cdot 350 = 2,50 \text{ V} \rightarrow \text{U-meter geeft } 0,0 \text{ V}$ 1

- 2p 5 Leg dit uit.
- aflezen figuur 4 $\rightarrow R_{\text{rek}} = 351 \Omega \rightarrow U = 3,55 \text{ mV}$ 1
 - ten opzichte van 0 volt is dit een grote spanningsverandering 1

- 3p 6 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 $\rightarrow R_{\text{rek}} = 351,3 \Omega$ 1
 - aflezen figuur 4 $\rightarrow U = 4,7 \text{ mV}$ (marge 0,1 mV) $\rightarrow$ bij 4,7 mV gaat het alarm af 1

Stad van de Zon

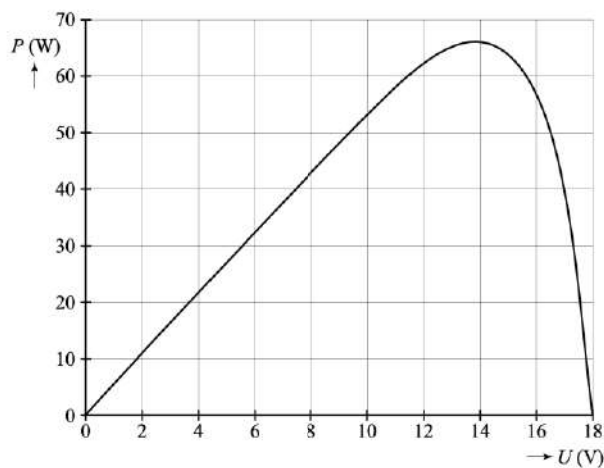
- 3p 1 Bereken de totale oppervlakte van de zonnepanelen in de 'Stad van de Zon'.
- $\eta = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}}$ met $P_{\text{nut}} = 3,75 \cdot 10^6 \text{ W}$ 1
 - $0,13 = \frac{3,75 \cdot 10^6}{P_{\text{in}}} \rightarrow P_{\text{in}} = 2,88462 \cdot 10^7 \text{ W}$ 1
 - P_{in} per 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 2 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 **3** 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: weerstand = 0 $\rightarrow U = 0 \text{ V}$ en weerstand = $\infty \rightarrow I = 0 \text{ A}$ 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 **4** 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 **1** Toon dit aan met behulp van figuur 1.
- inzicht spanning over één lampje $\frac{230}{24} = 9,58333 \text{ V}$ 1
 - aflezen bij $U = 9,6 \text{ V} \rightarrow I = 120 \text{ mA} = 0,12 \text{ A}$ 1
 - $R = \frac{9,6}{0,12} = 80 \Omega$ 1

- 2p **2** 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 **3** 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 **4** 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 **5** 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