

6 Elektriciteit

havo

6.1 Lading

1** Als je je trui over je haren uittrekt, kunnen je haren worden geladen.

- a** Verklaar dit.
- b** Waaraan kun je merken dat je haren geladen zijn?

Je raakt een deurklink aan en krijgt een schok.

- c** Leg uit wat er aan de hand is.

2** Een positief geladen ballon met een massa van 1,0 g heeft een lading van 1,0 C.

- a** Leg uit of er een overschot of een tekort aan elektronen is.
- b** Hoeveel elektronen zijn er te veel of te weinig?
- c** Hoe groot is de massa van een elektron?
- d** Bereken de massaverandering van de ballon ten gevolge van de lading.
- e** Bereken hoeveel procent de massa van de ballon bij het opladen is veranderd.

3** Onweer ontstaat doordat de wolken een elektrische lading krijgen.

- a** Leg uit waardoor deze lading ontstaat.

Als de lading boven een bepaalde waarde komt ontstaat er bliksem.

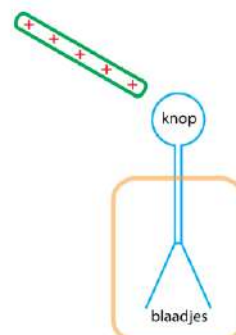
- b** Leg uit wat er bij bliksem gebeurt.

Wolken kunnen zowel een positieve als een negatieve lading krijgen. Positief geladen wolken zijn veel zeldzamer dan negatief geladen wolken.

- c** Leg uit of bij een positief geladen wolk de elektronen van de wolk naar de aarde springen of andersom.

4** Een elektroscoop gaan de blaadjes uitslaan als je de knop met een positief geladen staaf nadert.

- a** Welke soort lading krijgt de knop + of – ?
- b** Welke soort lading krijgen de blaadjes + of – ?
- c** Verklaar waarom de blaadjes uit elkaar gaan staan.
- d** Leg wat er gebeurt als je de staaf weghaalt.
- e** Leg uit wat er gebeurt als je de knop met een positief geladen staaf aanraakt.



5** In een aluminium bakje doe je balletjes gemaakt van piepschuim. Via een metaaldraad breng je op het bakje een negatieve elektrische lading aan.



a Leg uit hoe de elektrische lading op het bakje ontstaat, door toevoer van negatieve lading of door afvoer van positieve lading.

Als het bakje negatief geladen is zie je dat de balletjes van elkaar vandaan rollen.

b Leg uit waarom ze dit doen.

Als de lading op het bakje groot genoeg is gaan de balletjes omhoog springen.

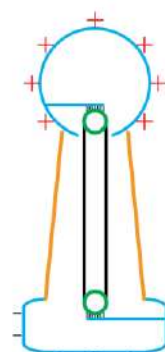
c Leg uit waarom ze dit doen.

6** Bij een Van de Graaf generator wordt de bol zoveel opgeladen dat er vonken overspringen.

a Leg uit hoe een Van de Graaff generator werkt.

Als je de bol tijdens het opladen aanraakt gaan je haren alleen overeind staan als je op een dikke rubberen mat staat.

b Leg uit waarom zo'n mat nodig is.



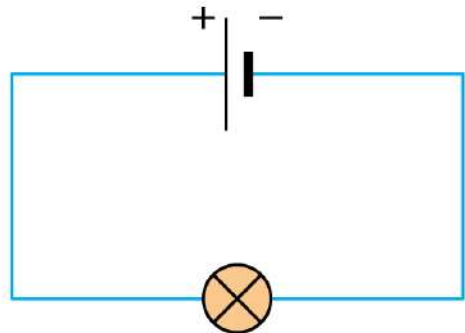
6.2 Spanning en stroom

- 1***
- a** Teken het symbool van een spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
 - b** Teken het symbool van een variabele spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
- 2***
- a** Leg uit wat elektrische stroom is.
 - b** Leg uit in welke richting de stroom gaat, van min naar plus of andersom.
 - c** Leg uit in welke richting de elektronen bewegen, van min naar plus of andersom.
- 3***
- a** Leg uit wat een elektrische geleider is.
 - b** Noem drie stoffen die elektriciteit goed kunnen geleiden.
 - c** Leg uit wat een elektrische isolator is.
 - d** Noem drie stoffen die elektriciteit niet goed kunnen geleiden.
- 4****
- Een batterij heeft een spanning van 1,5 V. Op een bepaald moment heeft de batterij 6000 J elektrische energie geleverd. Voor de elektrische energie geldt: $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U$.
- a** Hoeveel lading er dan van de + naar de – pool gestroomd?
- In een zaklantaarn zijn vier van deze batterijen in serie geschakeld.
- b** Hoe groot is de spanning waarop het lampje brandt?
 - c** Bereken hoeveel lading er door het lampje is gestroomd, als de batterijen samen 6000 J aan elektrische energie hebben geleverd.
- 5****
- In de natuurkunde les wordt de Van de Graaff generator gedemonstreerd. De spanning loopt daarbij op tot 100.000 volt. Op een bepaald moment springt er een vonk over. Erg gevaarlijk is dat niet, omdat er maar 20 J aan elektrische energie wordt overgedragen. Voor de elektrische energie geldt: $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U$.
- a** Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.
- Eén elektron heeft een lading van $1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- b** Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.

6.3 Stroomkring

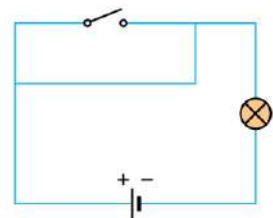
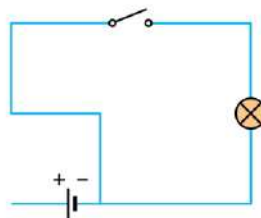
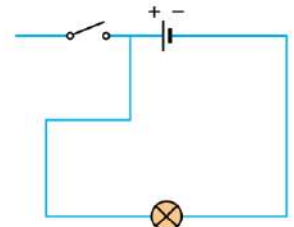
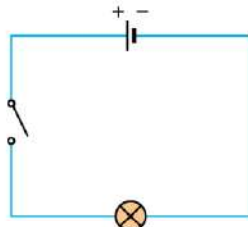
1** In de figuur zie je een lampje dat is aangesloten op een spanningsbron.

- Neem de figuur over en geef met pijltjes de richting van de stroom aan.
- Geef in de figuur met een andere kleur de richting aan waarin de elektronen bewegen.
- Leg uit waarom een stroom die de hele tijd blijft lopen alleen mogelijk is als de elektronen in een kring rondgaan.
- Leg uit of de elektronen binnen in de spanningsbron van plus naar min bewegen of van min naar plus.



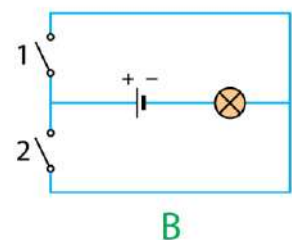
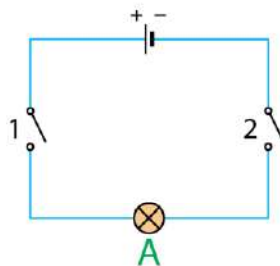
2** Hieronder zie je vier schakelingen met een spanningsbron, een schakelaar en een lamp.

- Leg uit in welke van de vier schakelingen de lamp aangaat als de schakelaar wordt gesloten.
- In welke schakelingen is de spanningsbron verkeerd aangesloten?
- In welke schakelingen is de schakelaar verkeerd aangesloten?
- In welke schakelingen werkt de schakelaar niet?



3** Hiernaast zie je twee schakelingen A en B met een spanningsbron, twee schakelaars en een lamp. Schakelaars 1 en 2 kunnen open of dicht staan.

- Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.



Schema A

- | | |
|--------------------|--|
| 1 open + 2 open: | Lamp brandt wel / niet omdat de stroomkring open / dicht is. |
| 1 open + 2 dicht: | Lamp brandt wel / niet omdat de stroomkring open / dicht is. |
| 1 dicht + 2 open: | Lamp brandt wel / niet omdat de stroomkring open / dicht is. |
| 1 dicht + 2 dicht: | Lamp brandt wel / niet omdat de stroomkring open / dicht is. |

Schema B

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

Met schakeling A kun je een gevaarlijk apparaat zoals een cirkelzaag aanzetten.

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

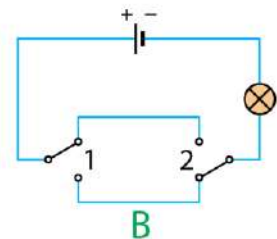
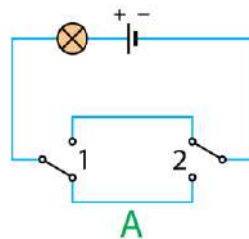
Met schakeling B kun je met twee lichtschakelaars een lamp aanzetten.

c Wat is het nadeel van schakeling B?

4**

Hieronder zie je twee schakelingen A en B met een spanningsbron, twee dubbele schakelaars en een lamp.

Met een dubbele schakelaar kun je kiezen hoe de stroom gaat.



Schakelaars 1 en 2 kunnen omhoog of omlaag staan. In figuur A staat schakelaar 1 omlaag en schakelaar 2 omhoog.

a Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

Schema A

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

Schema B

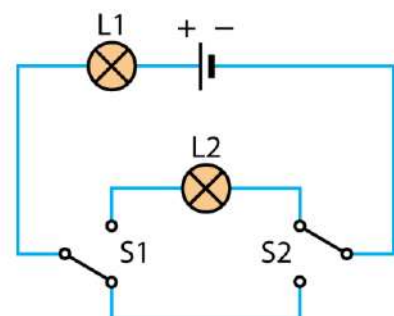
- 1 omhoog + 2 omhoog: L brandt **wel / niet** omdat de stroomkring **open / gesloten** is.
 1 omhoog + 2 omlaag: L brandt **wel / niet** omdat de stroomkring **open / gesloten** is.
 1 omlaag + 2 omhoog: L brandt **wel / niet** omdat de stroomkring **open / gesloten** is.
 1 omlaag + 2 omlaag: L brandt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

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

5***

Hiernaast zie je een schakeling met een spanningsbron, twee dubbele schakelaars S1 en S2 en twee lampen L1 en L2. Met een dubbele schakelaar kun je kiezen of hoe de stroom gaat.

Schakelaars S1 en S2 kunnen omhoog of omlaag staan. In de figuur staat S1 omlaag en S2 omhoog.

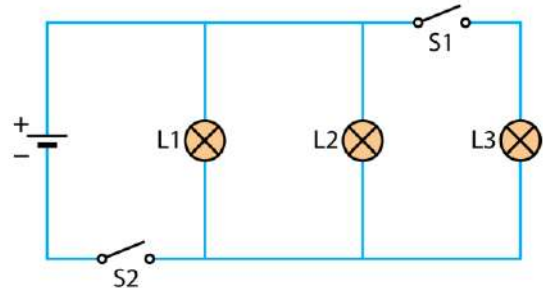


Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

S1 omhoog + S2 omhoog:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet .
S1 omhoog + S2 omlaag:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet .
S1 omlaag + S2 omhoog:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet .
S1 omlaag + S2 omlaag:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet .

6**

Hiernaast zie je een schakeling met een spanningsbron, twee schakelaars S1 en S2 en drie lampen L1, L2 en L3. Schakelaars S1 en S2 kunnen open of dicht staan.

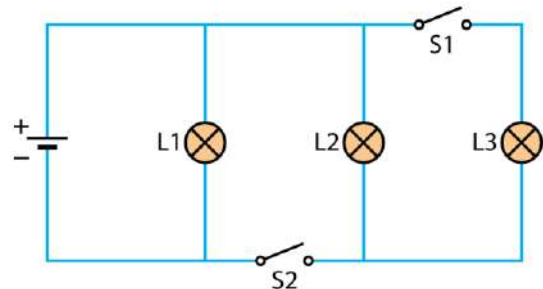


Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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

7**

Hiernaast zie je een schakeling met een spanningsbron, twee schakelaars S1 en S2 en drie lampen L1, L2 en L3. Schakelaars S1 en S2 kunnen open of dicht staan.



Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

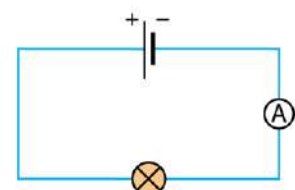
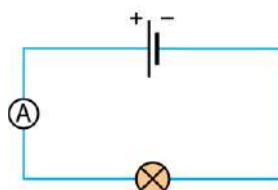
S1 open + S2 open:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet	L3 brandt wel / niet .
S1 open + S2 dicht:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet	L3 brandt wel / niet .
S1 dicht + S2 open:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt wel / niet	L3 brandt wel / niet .
S1 dicht + S2 dicht:	L1 brandt wel / niet	L2 brandt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

8**

- Maak een tekening van een stroomkring met daarin een spanningsbron, een lampje en een ampèremeter.
- Geef de plus en de min aan bij de spanningsbron en geef met pijltjes aan hoe de stroom loopt.
- Neem een schakelaar in je tekening op waarmee je het lampje aan en uit kunt schakelen.

9**

In de figuren zie je een stroomkring met een lampje. Om de stroom door het lampje te meten moet je een ampèremeter aansluiten.



Jan beweert dat de ampèremeter moet worden aangesloten zoals in de linker figuur. Bart beweert dat de rechter figuur goed is.

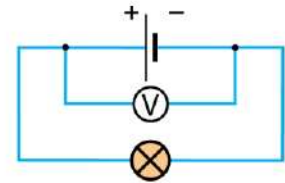
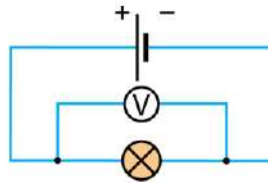
a Wie heeft er gelijk, Jan, Bart, beiden of geen van beiden. Leg je antwoord uit.

Op zeker moment brandt het lampje door, waardoor er geen stroom meer door het lampje kan gaan.

b Hoe groot is dan de stroomsterkte in de stroomkring?

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

10** In de figuren zie je een stroomkring. Om de spanning van de spanningsbron te meten moet je een voltmeter aansluiten.



Jan beweert dat de voltmeter moet worden aangesloten zoals in de linker figuur. Bart beweert dat de rechter figuur goed is.

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

b Teken in de linker figuur en in de rechter figuur de stroom door de kring. [werkboek](#)

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.

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** Door een lampje gaat een stroom van 0,25 A. Bereken hoeveel lading er per seconde door het lampje stroomt.
b Het apparaat het lampje brandt een jaar lang continu. Bereken de lading die in één jaar door het lampje gaat.

13*** Een batterij heeft een capaciteit van 2,0 A·h. Dit betekent dat als de batterij gedurende 1 uur een stroomsterkte van 2,0 A levert hij na 1 uur leeg is. Levert de batterij een stroomsterkte 1,0 A dan gaat hij 2 uur mee. Levert hij 0,50 A dan gaat hij 4 uur mee, etc.
a Bij welke grootheid hoort de eenheid A·h? Leg je antwoord uit.
 A) spanning B) stroomsterkte C) lading D) energie.

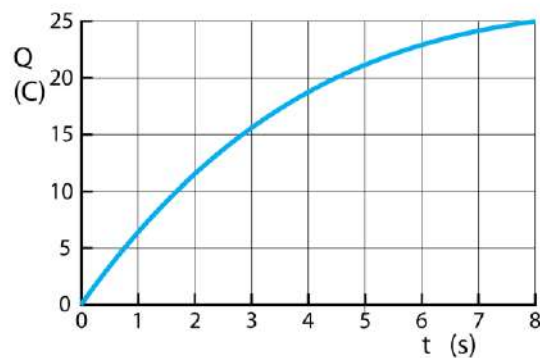
b Hoeveelheid lading kan een volle batterij leveren?

Een klok kan een jaar lopen voordat de batterij moet worden opgeladen.

c Bereken de stroomsterkte door de klok.

14** In de figuur is de lading uitgezet tegen de tijd.

- a** Leg uit of de stroomsterkte toeneemt of afneemt in de tijd.

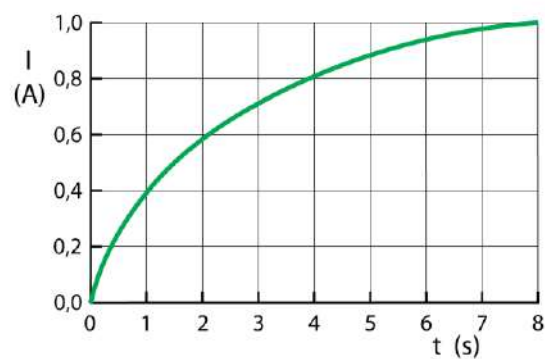


15** In de figuur zie je een (I, t) -diagram.

- a** Leg uit of de lading toeneemt of afneemt in de tijd.

Gemiddeld is de stroomsterkte 0,65 A.

- b** Hoeveel lading is er gepasseerd op $t = 8,0$ s?



6.4 Weerstand

1** Karin beweert dat je bij een grote weerstand altijd veel stroom krijgt. Mark beweert dat het juist andersom is: bij een grote weerstand krijgt je altijd weinig stroom.

a Wie heeft er volgens jou gelijk, Karin, Mark of geen van beiden.

2** Een weerstand is opgenomen in een schakeling met een spanningsbron en een ampèremeter. De stroomsterkte is 0,20 A. De spanningsbron geeft 5,0 V.

a Bereken de weerstand.

b De spanning wordt verhoogd naar 12 volt. Bereken de stroomsterkte.

c Je wil dat er een stroomsterkte van 0,35 A door de weerstand gaat. Bereken hoeveel spanning je hiervoor moet aanleggen.

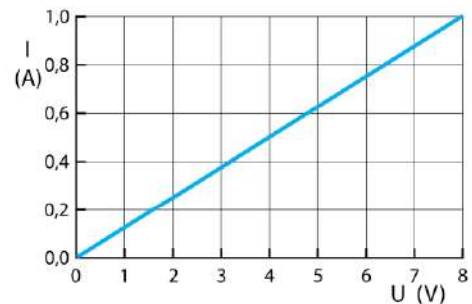
3** In de figuur zie je het (I, U)-diagram van een weerstand.

a Leg uit of deze weerstand aan de wet van Ohm voldoet.

b Bepaal de waarde van de weerstand.

c Lees de stroomsterkte af bij een spanning van 5,0 V.

d Bereken de stroomsterkte bij een spanning van 5,0 V en controleer of dit overeenkomt met je antwoord op vraag c.



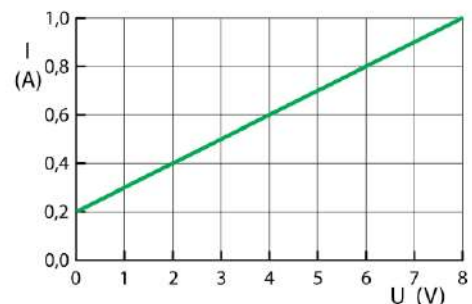
Inge beweert dat een grotere weerstand een steilere grafiek heeft.

e Leg uit of Inge gelijk heeft.

4** In de figuur zie je een (I, U)-diagram.

a Leg uit of deze weerstand aan de wet van Ohm voldoet.

b Leg uit of er een apparaat kan bestaan met zo'n (I, U)-diagram.



5** In de figuur zie je (I, U)-grafieken van twee weerstanden R_1 en R_2 .

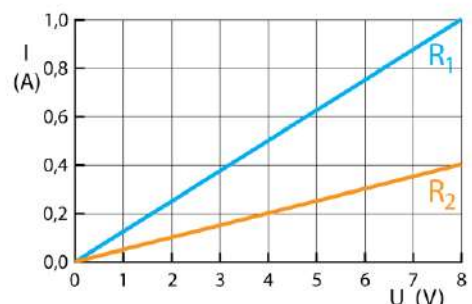
a Beredeneer welke weerstand R_1 of R_2 het kleinst is.

b Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 4,0$ V.

c Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 8,0$ V.

Door R_1 gaat een stroomsterkte van 1,2 A.

d Bereken de spanning over R_1 .

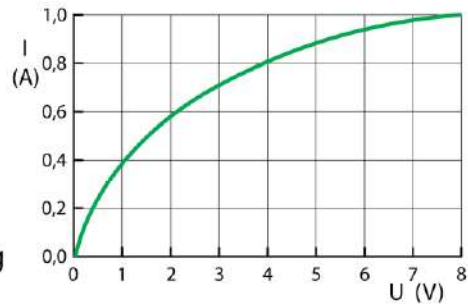


Over R_2 staat een spanning van 25 V.

e Bereken de stroomsterkte door R_2 .

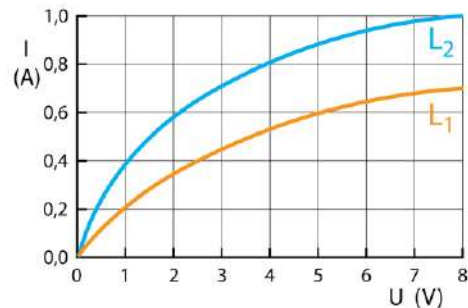
6** In de figuur zie je het (I, U)-diagram van een lamp.

- a Leg uit of de weerstand van de lamp aan de wet van Ohm voldoet.
- b Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 1,0$ V.
- c Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 5,0$ V.
- d Leg uit hoe je aan de (I, U)-grafiek kunt zien of de weerstand toeneemt of afneemt bij grotere spanning
- e Waarom verandert de weerstand als er meer stroom doorheen gaat?



7*** In de figuur zie je het (I, U)-diagram van twee lampen L_1 en L_2 . De lampen krijgen een spanning van 6,0 V.

- a Aan de grafieken kun je zien dat L_1 de grootste weerstand heeft. Leg uit waaraan je dit kunt zien.
- b Bepaal de stroomsterkte door L_1 en door L_2 (aflezen).



Emilie beweert dat de stroomsterkte door de lampen halveert als de spanning wordt gehalveerd van 6,0 naar 3,0 volt. Sophie beweert dat de stroomsterkte dan verdubbelt.

c Wie heeft er gelijk: Emilie, Sophie of geen van beiden?

De lampen L_1 en L_2 krijgen dezelfde spanning. De lamp waarin per seconde meer lading stroom brandt het felst.

d Welke lamp brandt het felst?

De weerstand van een draad

8** Een kabel is gemaakt van aluminium. De oppervlakte van de doorsnede is $1,0 \text{ cm}^2$. De kabel heeft een lengte van 100 km. De stroomsterkte door de kabel is 200 A.

- a Bereken de straal van de kabel in meter.
- b Bereken de diameter van de kabel in meter.
- c Bereken de weerstand van de kabel.
- d Bereken de spanning over de kabel.

9*** Opgesloten in een gloeilamp zit een dun draadje gemaakt van wolfram met een lengte van 15 cm. Als de lamp op een spanningsbron van 2,0 V wordt aangesloten loopt er een stroom van 200 mA. Bij deze lage spanning heeft de gloeidraad een temperatuur van 20°C .



- a Bereken de weerstand van het draadje.
- b Bereken de oppervlakte van de doorsnede van het wolfram draadje.
- c Bereken de straal van het draadje.
- d Bereken de diameter van het draadje.

10*** Opgerold in een gloeilamp zit een dun draadje gemaakt van wolfram. Als de lamp op een spanning van 2,0 V is aangesloten is de stroomsterkte 200 mA. Verhoog je de spanning naar 10 volt dan wordt de soortelijke weerstand van wolfram twee keer zo groot.

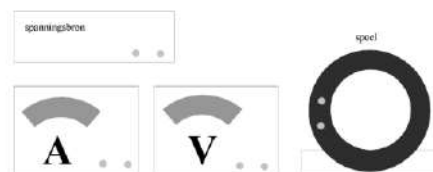
- a Waarom is de soortelijke weerstand van wolfram bij 10 volt groter dan bij 2 volt?
- b Bereken de stroomsterkte door de lamp bij $U = 10 \text{ V}$.
- c Bereken hoeveel lading er in een uur door de lamp gaat als hij op 10 volt brandt.
- d Bereken hoeveel elektrische energie er in een uur door de lamp wordt gebruikt als hij op 10 volt brandt. Voor de elektrische energie geldt: $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U$.

11*** Farah en Pien krijgen van hun natuurkundeleraar een spoel van geïsoleerd koperdraad met de opdracht de lengte van de draad te bepalen. De spoel mag niet afgewikkeld worden. De spoel heeft twee aansluitpunten. Hun plan is om de weerstand van de draad te bepalen en met behulp daarvan de lengte van de draad uit te rekenen. Ze hebben een gelijkspanningsbron, een stroommeter en een spanningsmeter. Hiermee maken zij een schakeling.

- a Teken in het werkboek de verbindingssnoeren zodat een schakeling ontstaat om de weerstand van de draad te bepalen. [werkboek](#)

Ze lezen de meters af: spanningsmeter 0,46 V en stroommeter 0,18 A. Verder meten ze de diameter van de koperdraad: 1,2 mm.

- b Bereken de lengte van de koperdraad.



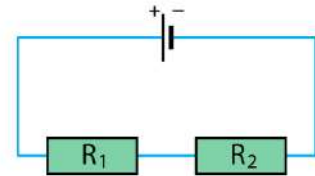
6.5 Serieschakeling en parallelschakeling

Serieschakeling

- 1** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn serie geschakeld.

$$R_1 = 50 \, \Omega \mid R_2 = 100 \, \Omega \mid U_{\text{bron}} = 6,0 \, \text{V}$$

- Bereken de totale weerstand R_{tot} .
- Bereken I_{bron} .
- Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).



- 2** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn serie geschakeld. $U_{\text{bron}} = 5,0 \, \text{V} \mid I_{\text{bron}} = 40 \, \text{mA} \mid R_1 = 50$

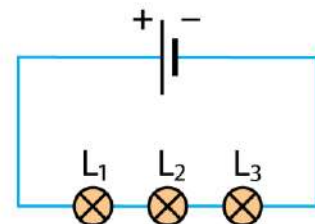
- Bereken de totale weerstand R_{tot} .
- Bereken R_2 .
- Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).

- 3** Drie lampen L_1 , L_2 en L_3 zijn serie geschakeld.

- Wat weet je van de stroomsterkte in de drie lampen?

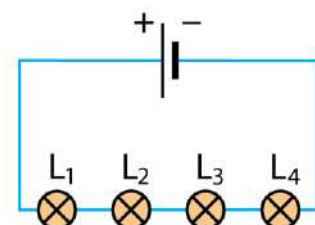
Plotseling gaat lamp 3 kapot.

- Leg uit of het licht dat de lampen L_1 en L_2 uitstralen hierdoor meer wordt, minder wordt of gelijk blijft.



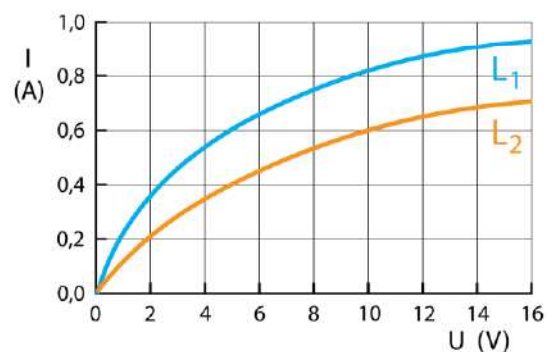
- 4*** De serieschakeling van drie verschillende lampen L_1 , L_2 en L_3 van de vorige vraag wordt uitgebreid met een vierde lamp L_4 .

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



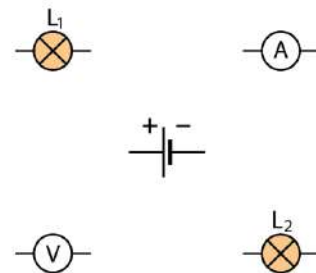
- 5*** Twee lampen L_1 en L_2 zijn serie geschakeld. De spanningsbron geeft een spanning van 15 V. In de figuur zie je de (I, U) -grafieken van de lampen.

- Hoe groot is de spanning over L_1 en L_2 samen?
- Wat weet je van de stroomsterkte in L_1 en L_2 ?
- Zoek in de figuur de stroomsterkte zodat U_1 en U_2 samen 15 V zijn.
- Bepaal de spanning over L_1 en over L_2 .
- Bereken de weerstand van L_1 en van L_2 als ze op de spanningen van vraag d branden.
- Bereken de totale weerstand van L_1 en L_2 .



- 6***** In de figuur zie je een spanningsbron, twee lampjes, een ampèremeter en een voltmeter. De lampjes staan in serie. Je wil de weerstand van lampje 2 bepalen.

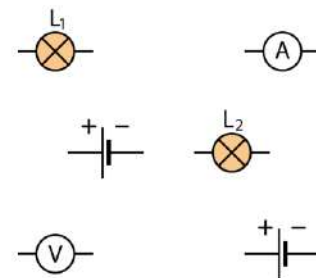
a Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)



Omdat de lampjes niet hard genoeg branden sluit je een tweede spanningsbron aan die in serie staat met de eerste. De spanningsbronnen geven ieder een spanning van 1,5 V.

De lampjes staan in serie. Je wil de weerstand van lampje 1 bepalen.

b Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)



De ampèremeter geeft 0,40 A en de voltmeter geeft 2,0 V.

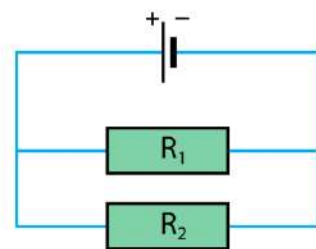
- c** Bereken de weerstand van L_1 ?
d Bereken de weerstand van L_2 ?
e Bereken de totale weerstand?

Parallelschakeling

- 7**** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld.

$$R_1 = 20 \, \Omega \quad | \quad R_2 = 30 \, \Omega \quad | \quad U_{\text{bron}} = 6,0 \, \text{V}$$

- a** Bereken de totale weerstand.
b Bereken I_{bron} .
c Bereken de stroomsterkte in R_1 ($= I_1$).
d Bereken de stroomsterkte in R_2 ($= I_2$).



- 8**** Drie lampen L_1 , L_2 en L_3 zijn parallel geschakeld.

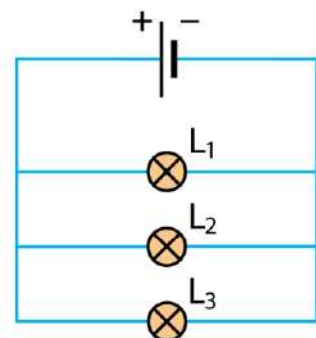
- a** Wat weet je van de spanning over de drie lampen?
b Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?

Plotseling gaat lamp 1 kapot.

c Leg uit of de lampen L_2 en L_3 blijven branden.

Je sluit een vierde lamp aan parallel met L_1 , L_2 en L_3 .

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.



- 9***** Weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld. $U_{\text{bron}} = 12 \, \text{V}$ | $I_{\text{bron}} = 0,50 \, \text{A}$ | $R_1 = 120 \, \Omega$.

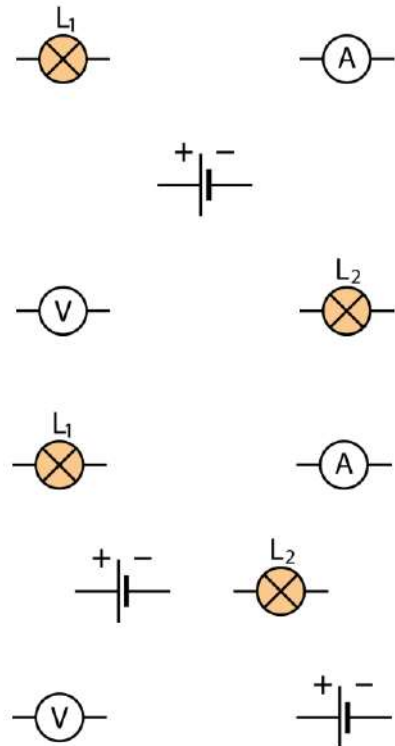
a Bereken R_2 .

10*** In de figuur zie je een spanningsbron, twee lampjes, een ampèremeter en een voltmeter. De lampjes staan parallel. Je wil de weerstand van lampje 2 bepalen.

- a** Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)

Omdat de lampjes niet hard genoeg branden besluit je om een tweede spanningsbron in serie te schakelen met de eerste. De spanningsbronnen geven ieder een spanning van 1,5 V. De lampjes staan parallel. Je wil de weerstand van lampje 1 bepalen.

- b** Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)

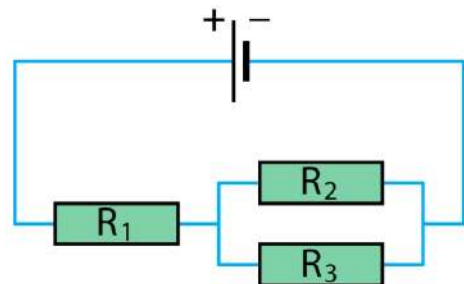


Gemengde schakeling

11*** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling.

$$U_{\text{bron}} = 18 \text{ V} \mid R_1 = 60 \, \Omega \mid R_2 = 50 \, \Omega \mid R_3 = 75 \, \Omega.$$

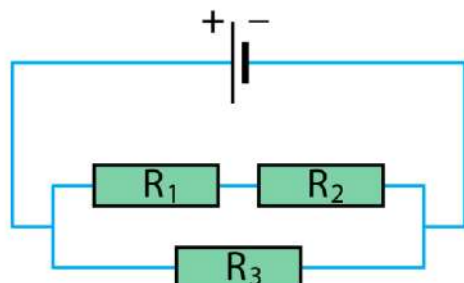
- Bereken de totale weerstand.
- Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- Bereken de spanning over R_1 .
- Bereken de spanning over R_2 en over R_3 .
- Bereken de stroomsterkte door R_1 , door R_2 en door R_3 .



12*** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling.

$$U_{\text{bron}} = 18 \text{ V} \mid R_1 = 40 \, \Omega \mid R_2 = 60 \, \Omega \mid R_3 = 200 \, \Omega.$$

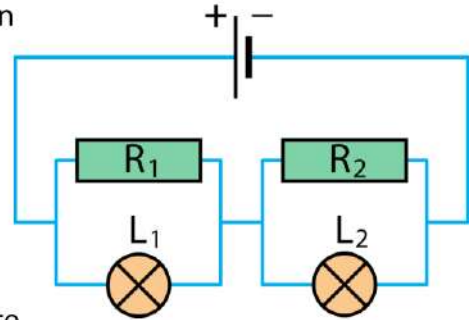
- Bereken de totale weerstand.
- Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- Bereken de stroomsterkte door R_3 .
- Bereken de stroomsterkte door R_1 en door R_2 .
- Bereken de spanning over R_1 en over R_2 .



13**** Weerstand R_1 en R_2 en lampen L_1 en L_2 zijn opgenomen in een gemengde schakeling. Zie figuur.

$$U = 42 \text{ V} \mid R_1 = 40 \, \Omega \mid R_2 = 60 \, \Omega \mid L_1 = 10 \, \Omega \mid L_2 = 30 \, \Omega$$

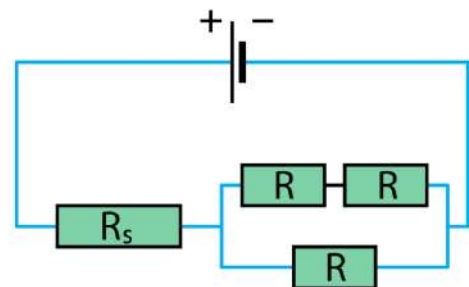
- Bereken de totale weerstand.
- Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- Bereken de spanning over L_1 en de spanning over L_2 .
- Bereken de stroomsterkte door L_1 en de stroomsterkte door L_2 .



14+ Weerstand R_s en drie identieke weerstanden R vormen een gemengde schakeling.

$$U_{\text{bron}} = 24 \text{ V} \mid I_{\text{bron}} = 60 \text{ mA} \mid R_s = 100 \, \Omega$$

- Bereken R . **HINT** bereken eerst R_{tot}
- Bereken de spanning over R_s .
- Bereken de spanning over het paralleldeel.
- Bereken de stroomsterkte door de onderste tak van het paralleldeel.
- Bereken de stroomsterkte door de bovenste tak van het paralleldeel.



6.6 Energie, vermogen en rendement

1** Een elektromotor werkt op een spanning van 12 V. De stroomsterkte is 0,50 A.

- a Bereken het vermogen van de elektromotor?
- b Hoeveel elektrische energie neemt de elektromotor op in 15 minuten?
- c Hoeveel energie wordt er in de elektromotor omgezet in 1,0 s?



2** Een broodrooster die op het lichtnet ($U = 230 \text{ V}$) is aangesloten zet in een uur $2,70 \cdot 10^6 \text{ J}$ energie om.

- a Bereken is het vermogen van de broodrooster.
- b Bereken de stroomsterkte door de broodrooster.
- c Hoeveel lading gaat er in een uur door de broodrooster?



3** Een straalkachel die op het lichtnet ($U = 230 \text{ V}$) is aangesloten heeft een vermogen van 1,0 kW.

- a Hoeveel energie zet de straalkachel in een uur om?
- b Hoe groot is de stroomsterkte door de straalkachel?



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

Om een pan water aan de kok te brengen is $6,48 \cdot 10^5 \text{ J}$ nodig.

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

Het vermogen van het verwarmingselement is 1200 W.

c Hoelang moet het verwarmingselement aanstaan?

5*** Bij een bliksem is het spanningsverschil tussen de wolk en de aarde 80 MV. Gedurende 0,050 ms loopt er een stroom van 30 kA.

a Reken de gegevens om:

80 MV = _____ volt

0,050 ms = _____ seconden

30 kA = _____ ampère

b Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

c Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

d Hoeveel energie is dit uitgedrukt in kWh?

Een gemiddeld gezin gebruikt in Nederland jaarlijks 3500 kWh aan elektrische energie.

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

6** Bij een elektrische ontlading over een weerstand van $0,10\ \Omega$ loopt er gedurende 50 ms een stroom van 1,0 kA.

- a Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading? **HINT bereken eerst de spanning.**
- b Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

7*** Een stofzuiger kost per jaar € 30 aan elektrische energie. Eén kWh kost € 0,20. De stofzuiger wordt op het lichtnet aangesloten ($U = 230\text{ V}$) en is gemiddeld 125 uur per jaar in gebruik.

- a Bereken het vermogen van de stofzuiger.
- b Bereken de stroomsterkte als stofzuiger aan staat.



Een eco-stofzuiger is 33% zuiniger dan de stofzuiger uit de vragen a en b. Met een eco-stofzuiger bespaar je € 10,00 per jaar op de elektriciteitsrekening.

- c Hoeveel kWh bespaar je per jaar door het gebruik van de eco-stofzuiger?
- d Hoeveel vermogen heeft de eco-stofzuiger minder dan een gewone stofzuiger.
- e Bereken het vermogen van de eco-stofzuiger.

8*** Een broodrooster die op het lichtnet is aangesloten ($U = 230\text{ V}$) heeft een gloeidraad met een weerstand van $62\ \Omega$.

- a Hoeveel vermogen heeft de broodrooster?

Het roosteren van een boterham kost 3,0 minuten.

- b Hoeveel energie kost het roosteren van een boterham?
- c Hoeveel lading stroomt er door de broodrooster bij het roosteren van een boterham?



9*** Een zonnecentrale heeft een vermogen van 200 MW en een jaarlijkse energieproductie van 700 GWh.

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

10*** Drie lampen L_1 , L_2 en L_3 zijn serie geschakeld.

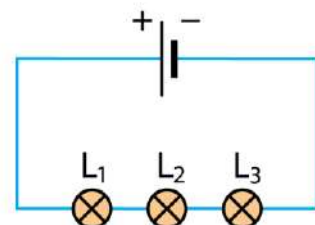
- a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?
- b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

Lamp 1 brandt feller dan de lampen 2 en 3. De felheid waarmee een lamp brandt wordt bepaald door het vermogen. Hoe groter het vermogen is hoe feller de lamp brandt.

- c Wat weet je van de spanning over L_1 ?
- d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?

Plotseling gaat lamp 1 kapot.

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



11*** Een serieschakeling van twee lampen L_1 en L_2 wordt uitgebreid met een derde lamp L_3 . De felheid waarmee een lamp brandt wordt bepaald door het vermogen. Hoe groter het vermogen is hoe feller de lamp brandt.

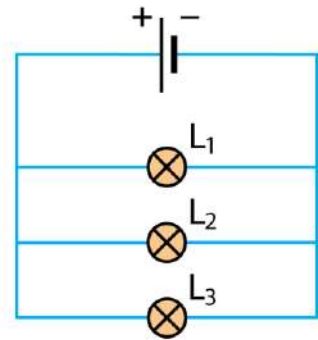
- a Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd?
- b Leg uit of de drie in serie geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren als twee lampen in serie.

12*** Drie lampen L_1 , L_2 en L_3 zijn parallel geschakeld.

- a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?
- b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

Lamp 1 brandt feller dan de lampen 2 en 3. De felheid waarmee een lamp brandt wordt bepaald door het vermogen. Hoe groter het vermogen is hoe feller de lamp brandt.

- c Wat weet je van de stroomsterkte door L_1 ?
- d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?



Plotseling gaat lamp 1 kapot.

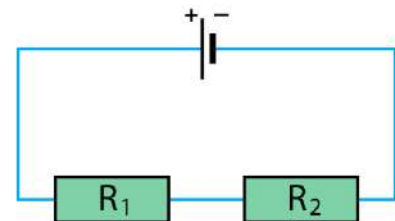
- e Leg uit of hierdoor de lampen L_2 en L_3 feller, minder fel of even fel branden.

13*** Een parallelschakeling van twee lampen L_1 en L_2 wordt uitgebreid met een derde lamp L_3 . De felheid waarmee een lamp brandt wordt bepaald door het vermogen. Hoe groter het vermogen is hoe feller de lamp brandt.

- a Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd?
- b Leg uit of de drie parallel geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren dan twee lampen parallel.

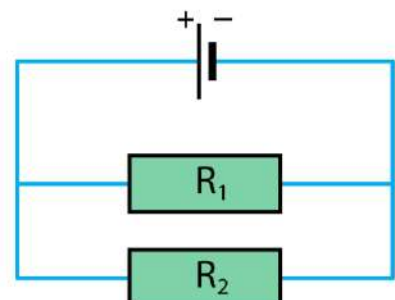
14*** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn serie geschakeld.
 $U_{\text{bron}} = 12 \text{ V}$ | $R_1 = 50 \Omega$. Het vermogen van R_1 is 80 mW.

- a Bereken de stroom I_{tot} door het circuit.
- b Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- c Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).
- d Bereken R_2



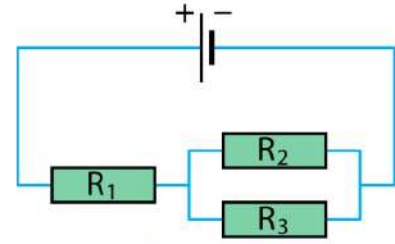
15*** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld.
 $I_{\text{bron}} = 260 \text{ mA}$ | $R_1 = 50 \Omega$. Het vermogen van R_1 is 180 mW.

- a Bereken U_{bron} .
- b Bereken de stroomsterkte door R_1 ($=I_1$).
- c Bereken de stroomsterkte door R_2 ($=I_2$).
- d Bereken R_2 .

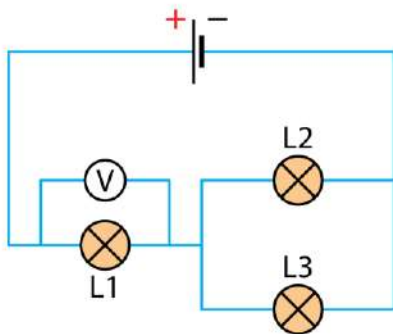


- 16***** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling. $U_{\text{bron}} = 20 \text{ V}$ | $R_1 = 3,0 \Omega$ | $R_2 = 10 \Omega$
Het vermogen van R_2 is $19,6 \text{ W}$.

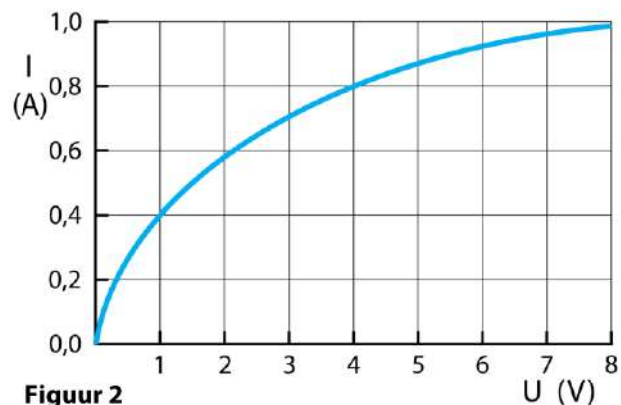
- Bereken de spanning over R_2 .
- Bereken de spanning over R_1 .
- Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- Bereken de stroomsterkte door R_3 . **HINT** bereken eerst de stroomsterkte door R_2 .
- Bereken R_3 .



- 17***** Drie identieke lampjes zijn aangesloten zoals te zien in figuur 1. Figuur 2 is het (I, U) -diagram van een lampje.



Figuur 1



Figuur 2

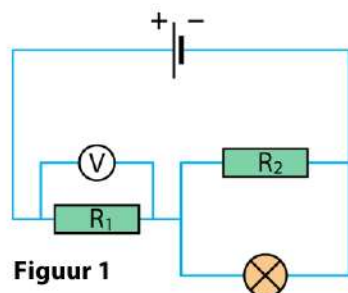
De voltmeter geeft $4,0 \text{ V}$ aan.

- Bepaal hoeveel volt de spanningsbron geeft.

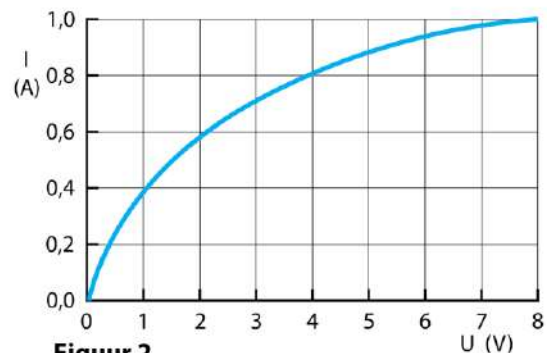
Een leerling draait L_2 los zodat het niet meer brandt.

- Leg uit of de onderstaande bewering WAAR of NIET WAAR zijn.
 - Lamp 3 gaat ook uit.
 - Lamp 3 gaat feller branden.
 - Lamp 1 gaat ook uit.
 - Lamp 1 gaat feller branden.

- 18****** Een lamp is opgenomen in een gemengde schakeling. Zie figuur 1. $U_{\text{bron}} = 10 \text{ V}$ | $R_2 = 6,0 \Omega$. De voltmeter geeft $7,0 \text{ V}$ aan. Figuur 2 is het (I, U) -diagram van de lamp.



Figuur 1



Figuur 2

- Bereken R_1 .
- Bereken het vermogen van de lamp.

19*** Een gezin gebruikt in Nederland jaarlijks $4,0 \cdot 10^3$ kWh aan elektrische energie. 10% daarvan gaat naar de spelcomputer van de enigszins verslaafde scholier. Als de computer aanstaat gebruikt deze gemiddeld 200 W.

a Hoelang staat de computer gemiddeld per dag aan?

In bovenstaande berekening is geen rekening gehouden met het energieverbruik in de "stand by" stand. Als de computer niet aan staat gebruik hij 1,5 W.

+ **b** Bereken opnieuw hoe lang de computer gemiddeld per dag aan staat.

Rendement

20*** Een zonnecel ontvangt 800 W/m^2 aan lichtenergie. Een zonnecel met een oppervlakte van 100 cm^2 geeft een spanning van 0,60 V en een stroomsterkte van 2,0 A.

a Bereken het vermogen van de zonnecel.

b Bereken het rendement van de zonnecel.



21*** Het vermogen van de elektromotor in een hijskraan is 6,0 kW. De elektromotor werkt op een spanning van 400 V. Het rendement van de elektromotor is 0,75.

a Bereken de stroomsterkte in de elektromotor.

Om een last van 1000 kg over 5,0 m omhoog te tillen is $4,905 \cdot 10^4$ J nodig.

b Hoeveel tijd heeft de hijskraan hiervoor nodig?

22*** Een LED-lamp van 11 W is aangesloten op het lichtnet (230 V).

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

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

De LED-lamp produceert evenveel licht als een gloeilamp van 75 W. Een gloeilamp heeft een rendement van 6,0%.

c Bereken het rendement van de LED-lamp.

Een gewone gloeilamp gaat na gemiddeld 2000 uur kapot. Een LED-lamp gaat acht keer langer mee.

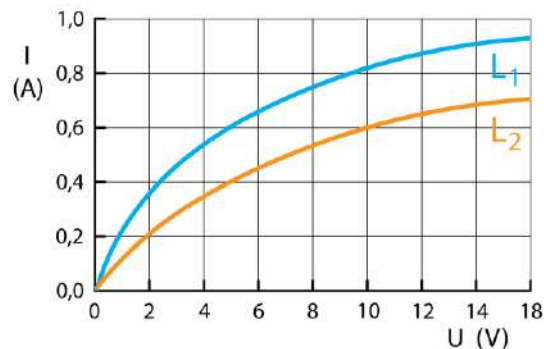
d Bereken hoeveel lichtenergie de LED-lamp in zijn leven produceert in kWh.

Eén kWh uit het lichtnet kost € 0,20.

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



- 23 ***** Twee lampen L_1 en L_2 staan serie geschakeld.
 $U_{\text{bron}} = 15 \text{ V}$. In de figuur zie je de (I, U) -grafieken van deze lampen. De stroomsterkte is $0,60 \text{ A}$.
a Bepaal het vermogen van L_1 en van L_2 .
b Hoeveel vermogen levert de spanningsbron?
 De lampen hebben een rendement van 35% .
c Hoeveel lichtenergie produceert L_1 in één uur?



- 24 ***** Een ruimtestation maakt voor zijn energievoorziening gebruik van zonnecellen die zonlicht omzetten in elektrische energie. Het rendement van de zonnecellen is 15% . De gemiddelde intensiteit van het zonlicht dat de zonnecellen ontvangen is $0,70 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. In het ruimtestation moet elektrische stroom geleverd worden bij een spanning van 48 V .



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

Batterijen en accu's

- 25 ***** Een oplaadbare AAA batterij heeft een capaciteit van 700 mAh . Hiermee wordt bedoeld dat een batterij die 700 mA stroomsterkte levert na één uur leeg is. Geeft de batterij twee keer zoveel stroom ($1,4 \text{ A}$) dan is hij twee keer zo snel leeg ($\frac{1}{2}$ uur) en bij drie keer zoveel stroom ($2,1 \text{ A}$) is de batterij al na $\frac{1}{3}$ uur leeg, etc. De batterij geeft een spanning van $1,2 \text{ V}$ en kost $\text{€}2,00$ per stuk.
a Hoeveel energie kan er in deze batterij worden opgeslagen?
b Hoeveel kWh dit is?
c Hoe vaak moet je de batterij opladen om één kWh energie op te slaan?



Een niet oplaadbare AAA batterij heeft een capaciteit van 1500 mAh , geeft een spanning van $1,5 \text{ V}$ en kost $\text{€}0,45$ per stuk.

- d** Hoeveel kWh kan er in deze batterij worden opgeslagen?
e Hoeveel euro kost één kWh energie uit deze niet oplaadbare batterij?

Eén kWh uit het lichtnet kost $\text{€}0,20$.

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

- 26 ***** De accu voor een elektromotor kan een maximaal vermogen leveren van 42 kW . Een acculader laadt deze accu in $9,0$ uur volledig op. De acculader is aangesloten op de netspanning van 230 V en neemt gedurende het laden gemiddeld een stroomsterkte van 12 A af. De elektrische energie die de accu kan leveren bedraagt 75% van de energie die de acculader uit het net heeft opgenomen.

- a Bereken hoeveel minuten de accu de elektromotor met maximaal vermogen kan aandrijven.

27*** Een knoopcel is een platte batterij. Een veelgebruikt type is de CR2032. Deze Li-ion batterij heeft een spanning van 3,0 V en een capaciteit van 235 mAh.



- a Hoeveel wattuur elektrische energie kan een CR2032 batterij opslaan?

Een klok werkt op 6,0 V en kan een jaar lopen op twee CR2032 batterijen.

- b Hoe groot is de weerstand R van de klok?

De diameter van een CR2032 is 20 mm en de dikte 3,2 mm.

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

Volgens Wikipedia heeft een Li-ion batterij een energiedichtheid van 300 – 700 Wh per liter.

- d Komt dit overeen met je antwoord op vraag c?

28*** Een elektrische fiets heeft een Li-ion accu met een spanning van 36 V en 500 Wh elektrische energie. De accu weegt 3,2 kg.

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



De accu wordt opgeladen met een stroomsterkte van 3,0 A.

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

- c Hoe groot is de energiedichtheid in Wh/kg?

De elektromotor van deze fiets kan een vermogen van 250 W leveren.

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

Je fietst met 25 km/h waarbij de motor gemiddeld 100 W aan vermogen levert.

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

29*** Een elektrische auto heeft een accu waarin 55 kWh kan worden opgeslagen. Het gemiddelde energieverbruik van de auto is 0,17 kWh/km. De actieradius is de afstand die de elektrische auto met een volle accu kan afleggen.



- a Bereken de actieradius van de auto bij gemiddeld energieverbruik.

De topsnelheid van de auto is 190 km/h. Bij die snelheid worden de wielen aangedreven met een nuttig vermogen van in totaal 92 kW. Bij topsnelheid verbruikt de auto meer energie dan gemiddeld. Het rendement van de elektromotoren van de auto bij topsnelheid is 0,79.

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

- c Bereken de actieradius van de auto bij topsnelheid.

30*** Een powerbank heeft een capaciteit van 16000 mAh bij een spanning van 3,6 V.

- a** Bereken hoeveel elektrische energie deze powerbank kan opslaan.
- b** Bereken de lading die de powerbank kan opslaan.

Bij het opladen van je telefoon via USB wordt de spanning omhoog gebracht naar 5,1 V. Bij deze spanning is de capaciteit 10200 mAh.

- c** Leg uit waarom de capaciteit bij een hogere spanning lager is.
- d** Bereken het rendement bij het verhogen van de spanning van 3,6 naar 5,1 V.

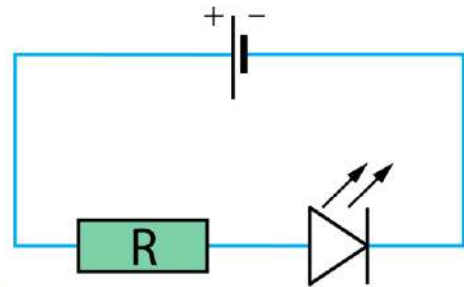
Bij 5,1 V is de maximale stroomsterkte 3,6 A.

- e** Bereken hoelang de powerbank de maximale stroomsterkte kan leveren.



6.7 Speciale componenten

- 1***** Een LED is opgenomen in een elektrische schakeling. Zie figuur 1. Om het verband te meten tussen de spanning over de LED en de stroomsterkte door de LED moet in de schakeling een spanningsmeter en een stroommeter worden opgenomen.



Figuur 1

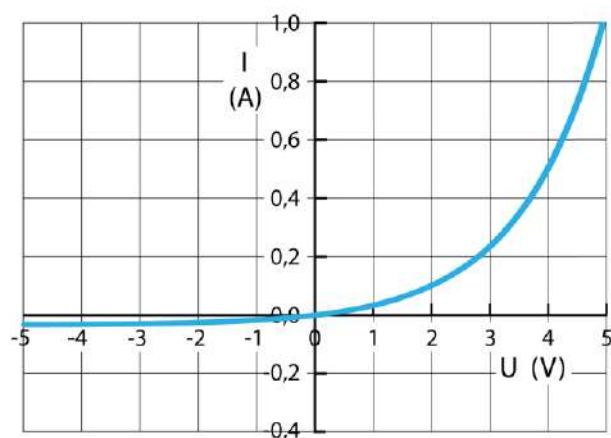
- a** Geef in figuur 1 aan hoe de spanningsmeter en de stroommeter moeten worden aangesloten. [werkboek](#)

In figuur 2 zie je het resultaat van de metingen.

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

In de schakeling is een weerstand van $20\ \Omega$ opgenomen.

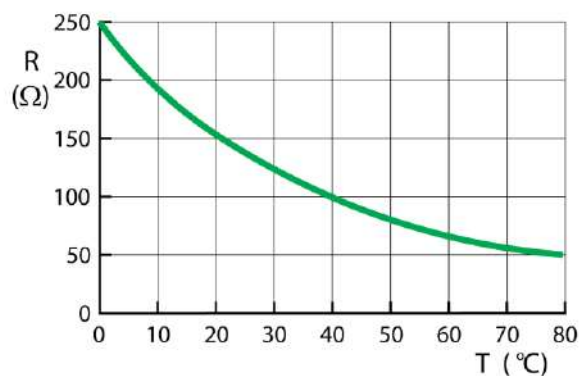
- c** Bepaal de spanning die de spanningsbron levert als de stroomsterkte door de LED 500 mA is.



Figuur 2

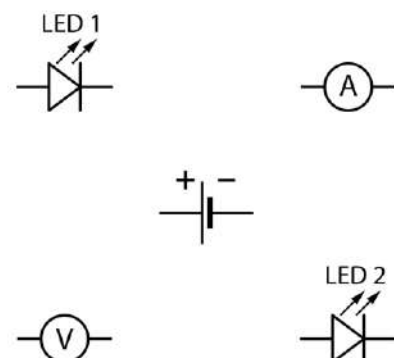
- 2***** Een NTC wordt als elektrische thermometer gebruikt. Het (R, T)-diagram van de NTC zie je in de figuur hiernaast. De NTC wordt aangesloten op een spanning van 7,0 V en wordt in een beerglass met water gedompeld. Er loopt dan een stroom van 50 mA door de NTC.

- a** Bepaal de temperatuur van het water.



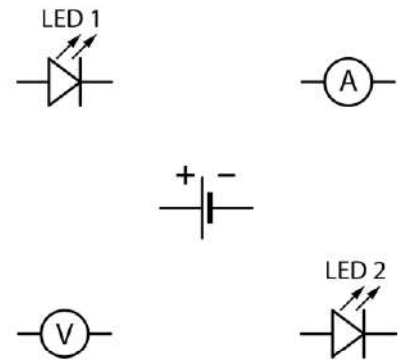
- 3***** In de figuur zie je twee LED's, een spanningsbron van 6,0 V, een stroommeter en een spanningsmeter. Elke LED werkt op een spanning van 3,0 V. Je wilt de spanning over LED 2 en de stroomsterkte door LED 2 meten.

- a** Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)



- 4***** In de figuur zie je twee LED's een spanningsbron van 6,0 V, een stroommeter en een spanningsmeter. Elke LED werkt op een spanning van 6,0 V. Je wil de spanning over LED 1 en de stroomsterkte door LED 1 meten.

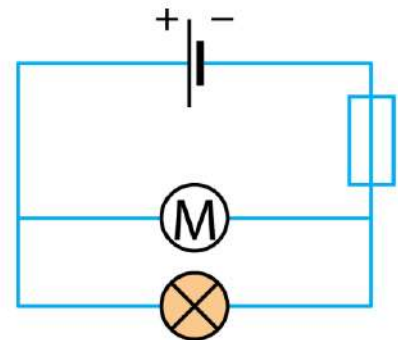
- a** Teken in het werkboek de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt. [werkboek](#)



- 5**** In een stroomkring zijn een motor en een lampje parallel aangesloten op een spanningsbron. Zie figuur. $U_{\text{bron}} = 15 \text{ V}$). De motor heeft een weerstand van $3,5 \Omega$ en het lampje een weerstand van $7,0 \Omega$.

De stroomkring is beveiligd met een zekering van 6,0 A. Als de stroomsterkte groter is dan 6,0 A smelt de zekering door en wordt de stroomkring onderbroken.

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



6.8 Elektriciteit in huis

- 1**** Wanneer je meerdere apparaten tegelijk wilt aansluiten terwijl je maar één stopcontact tot je beschikking hebt kun je gebruik maken van een stekkerdoos. Zie figuur. Een stekkerdoos bevat meerdere stopcontacten die via de voedingskabel van stroom worden voorzien.



a Leg uit waarom de stopcontacten parallel moeten staan.

Emilie sluit de stekkerdoos aan op het enige stopcontact dat beschikbaar is en sluit vier lampen aan op de stekkerdoos. De lampen zijn verschillend en hebben vermogens van 12 W, 14 W, 16 W en 50 W. Door de voedingskabel gaat een stroomsterkte van 400 mA.

b Bereken de spanning over de lampen.

- 2**** Om te voorkomen dat er gevaarlijke situaties ontstaan zijn er in een huisinstallatie twee voorzieningen. Er zijn zekeringen (smeltveiligheid) en aardlekschakelaars.

a Leg uit bij welke gevaarlijke situatie een zekering bescherming biedt.

b Leg uit bij welke gevaarlijke situatie een aardlekschakelaar bescherming biedt.

- 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 netspanning is 230 V. 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.

- 4***** Een keramische kookplaat heeft een vermogen van 7000 W en heeft daarom een speciale elektrische aansluiting nodig. Bij de aansluiting gebruik je een perilex stekker. Dit is een stekker met vijf contacten.

a Hoeveel contacten heeft een gewone stekker met randaarde?



Een perilex stekker wordt aangesloten met twee contacten voor de aanvoer en twee contact voor de afvoer van stroom en in het midden een contact met de aarde. Er zijn dan twee groepen nodig om deze stekker van stroom te voorzien.

b Leg uit waarom er een contact met de aarde is.

c Leg uit wat een groep is.

d Hoeveel vermogen kan één groep maximaal leveren?

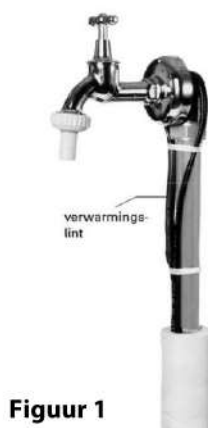
e Wat gebeurt er als het vermogen groter is dan dit maximum?

f Leg uit waarom er groepen worden gebruikt.

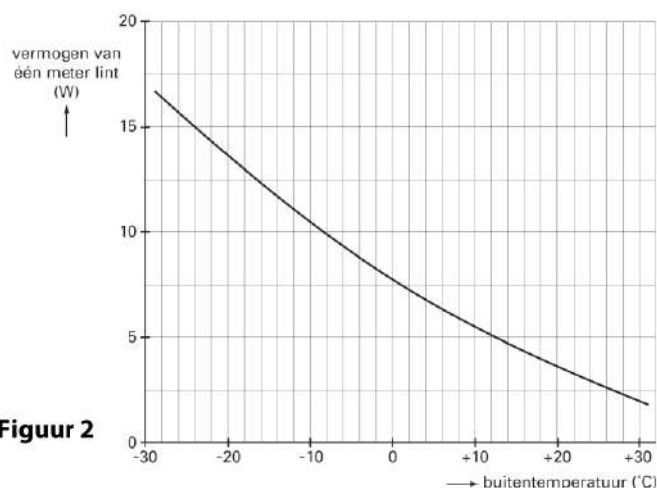
Examenvragen elektriciteit havo

Verwarmingslint

In de winter zorgen bevroren waterleidingen voor problemen. Er is nu een verwarmingslint op de markt dat bevriezing voorkomt door de leidingen te verwarmen. Het lint wordt vastgezet op de waterleiding en aangesloten op een stopcontact. Zie figuur 1. Het lint geeft niet bij elke temperatuur evenveel warmte af. In figuur 2 is weergegeven hoe het vermogen van één meter lint afhangt van de buitentemperatuur.



Figuur 1



Figuur 2

Het is aan te bevelen om buiten het winterseizoen de stekker van het verwarmingslint uit het stopcontact te halen.

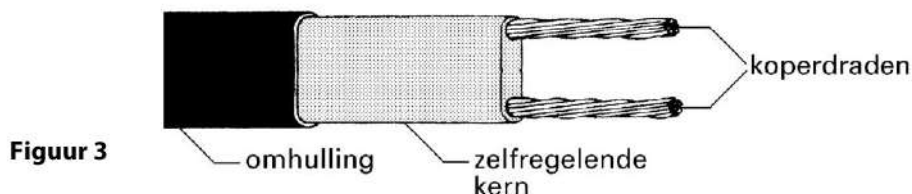
2p **1** Leg met behulp van figuur 2 uit waarom dit aan te bevelen is.

De spanning van het lichtnet is 230 V.

4p **2** Bepaal de weerstand van een lint van één meter als de buitentemperatuur $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ is.

Het lint bestaat uit de volgende onderdelen (zie figuur 3):

- twee koperdraden;
- een zogenoemde zelfregelende kern die de enige verbinding vormt tussen deze twee draden;
- een omhulling voor de elektrische isolatie.



Figuur 3

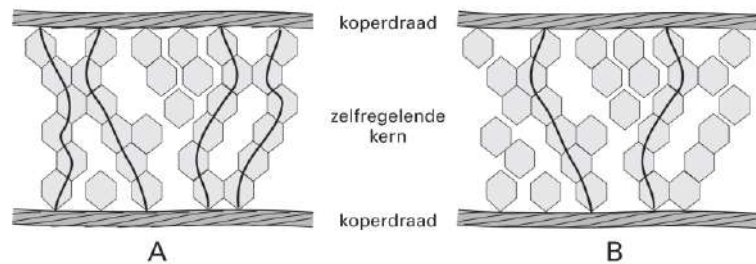
Het principe van de werking is als volgt:

Via de zelfregelende kern kunnen kleine elektrische stroompjes tussen de ene draad en de andere lopen. Onder invloed van de temperatuur rangschikt het materiaal van de kern zich anders en zijn er meer of minder parallelle, geleidende verbindingen. Zie de figuren 4A en

4B. De weerstand van de koperdraden is verwaarloosbaar klein. De weerstand die elk van de elektrische stroompjes in de zelfregelende kern ondervindt, is daarentegen groot.

In figuur 4 zijn twee situaties weergegeven.

Figuur 4



- 3p **3** Leg met behulp van bovenstaande informatie uit welke situatie, A of B, bij een lage buitentemperatuur hoort.

Voor een langere waterleiding is een langer verwarmingslint nodig.

- 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.

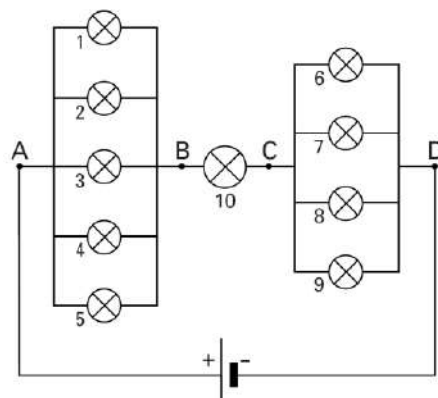
Valentijnshart

Cadeauwinkels verkopen voor Valentijnsdag cadeautjes waarmee je een geheime geliefde kunt verrassen. In figuur 1 is een foto afgebeeld van zo'n cadeautje, een valentijnshart. Het bestaat uit tien lampjes in een frame van metaaldrad, dat dient voor de geleiding van de stroom. De negen lampjes in de omtrek van het hart zijn identiek. Het lampje in het midden van het hart is anders. Het valentijnshart kan worden vastgeklemd op een batterij die tevens dienst doet als voetstuk voor het hart.

Tineke wil het hart onderzoeken. Eerst tekent zij het schakelschema. Zie figuur 2. De lampjes in de omtrek van het hart zijn genummerd van 1 t/m 9. Het lampje in het midden van het hart heeft nummer 10.

Tineke meet met een voltmeter de spanning tussen de punten A en B, B en C en tussen C en D. De resultaten van haar metingen zijn:

$$U_{AB} = 3,0 \text{ V} \quad | \quad U_{BC} = 1,5 \text{ V} \quad | \quad U_{CD} = 4,0 \text{ V}$$



Figuur 2



Figuur 1

- 2p **1** Bereken de spanning tussen de polen van de batterij.

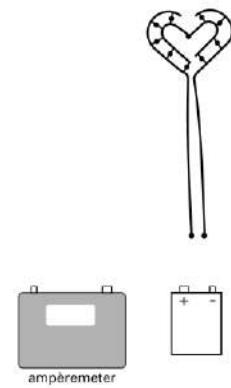
Tineke wil de stroom meten die de batterij levert als het valentijnshart brandt. In figuur 3 zijn het valentijnshart, de batterij en de stroommeter schematisch weergegeven.

- 2p **2** Teken in figuur 3 in het werkboek de verbindingsdraden die nodig zijn om deze stroomsterkte te meten. [werkboek](#)

Tineke meet dat de batterij een stroomsterkte levert van 225 mA.

- 3p **3** Bereken bij deze stroomsterkte het elektrisch vermogen van lampje 10.

- 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.



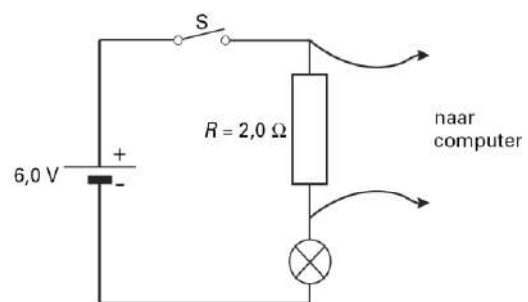
Figuur 3

Tineke maakt de lampjes 1, 2, 3, 4 en 6, 7, 8 los. Daardoor ontstaat er een serieschakeling van de lampjes 5, 10 en 9.

- 3p **5** Leg uit of lampje 10 nu feller of minder fel brandt.

Inschakelen van een lampje

Maartje onderzoekt hoe vanaf het moment van inschakelen de stroomsterkte door een gloeilampje verloopt. Om de snelle verandering van de stroom te kunnen vastleggen, maakt ze gebruik van een computer. Omdat de computer alleen spanning kan meten, schakelt ze de computer parallel aan een bekende weerstand R die in serie staat met het lampje. Zie figuur 1.



Figuur 1

Het lampje hoort te branden op een spanning van zes volt. De spanningsbron levert een constante spanning van 6,0 volt. Maartje heeft de waarde van R veel kleiner gekozen dan de weerstandswaarde van het lampje.

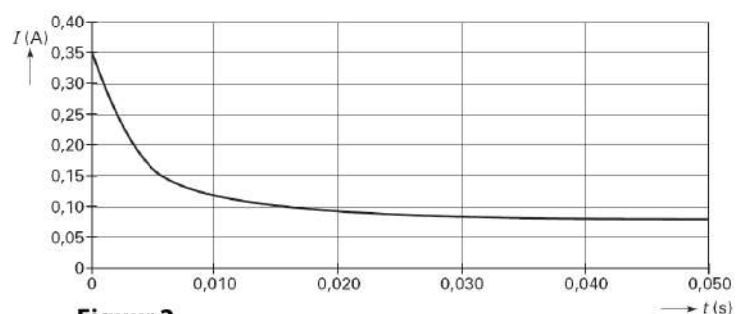
- 2p **1** Geef de reden waarom ze dat doet.

Uit de spanning U over de weerstand van $2,0 \Omega$ berekent de computer een stroomsterkte I door het lampje. Op $t = 0$ s gaat de schakelaar S dicht. In figuur 2 is de door de computer bepaalde (I, t) -grafiek weergegeven.

- 4p **2** Bepaal de weerstandswaarde van het lampje op $t = 0$ s.

Uit de grafiek blijkt dat direct na het inschakelen de stroomsterkte afneemt.

- 2p **3** Geef hiervoor een verklaring.



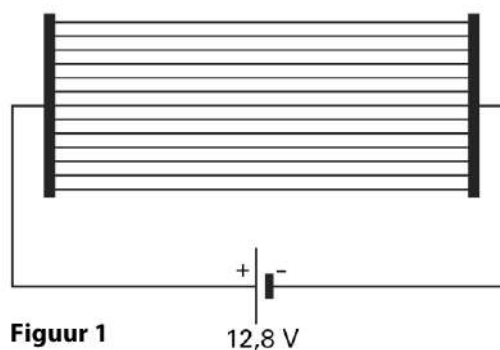
Figuur 2

- 4p **4** Bepaal het vermogen dat het lampje opneemt als de stroomsterkte constant is geworden.

Achterrautverwarming

De meeste auto's hebben een achterrautverwarming zoals in figuur 1 schematisch is getekend: een aantal parallel geschakelde dunne draden in de achterraut die verbonden zijn met de accu.

Het vermogen van de achterrautverwarming van een bepaalde auto is 180 W. Op de achterraut heeft zich een laagje ijs gevormd met een massa van 220 gram. Voor het smelten van één kilogram ijs is $334 \cdot 10^3$ J nodig.



Figuur 1

- 3p **1** Bereken hoelang het minimaal duurt om dit ijs te smelten.
- 2p **2** Noem twee redenen waarom het smelten in de praktijk (iets) langer duurt.

De achterrautverwarming bestaat uit dertien draden. De weerstand van de kabels die de achterrautverwarming met de accu verbinden, is te verwaarlozen. De spanning tussen de polen van de accu is 12,8 V.

- 4p **3** Toon aan dat de weerstand van één verwarmingsdraad $11,8 \Omega$ is.

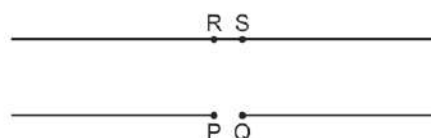
Elke draad is 1,1 m lang; de doorsnede heeft een oppervlakte van $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$. Volgens opgave van de fabrikant zijn de verwarmingsdraden van constantaan gemaakt.

- 4p **4** Ga na of de opgave van de fabrikant klopt.

Eén van de verwarmingsdraden is doorgebrand.

- 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.

In figuur 2 zijn een deel van de kapotte draad en een deel van de draad die erboven ligt, vergroot weergegeven. De uiteinden P en Q van de kapotte draad liggen op korte afstand van elkaar (een paar mm).



Figuur 2

Hiernaast staat een tabel.

- 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 in de tabel in het werkboek op de juiste plaatsen een kruisje. Leg je antwoord uit.

[werkboek](#)

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

Kabelhaspel

Er zijn verlengsnoeren te koop die op een haspel gewikkeld zijn. Zie figuur 1. Op een bepaalde kabelhaspel staan de volgende gegevens:

Lengte kabel	40 m
Spanning	230 V
Maximaal aan te sluiten vermogen:	
– opgerold	1000 W
– afgerold	3500 W



Figuur 1

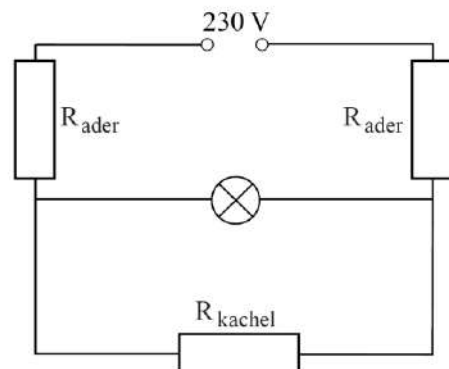
- 2p **1** Bereken de stroomsterkte die maximaal door deze kabel mag gaan als hij afgerold is.
- 2p **2** Leg uit waarom op de opgerolde kabel veel minder vermogen mag worden aangesloten dan op de afgerolde kabel.

In de kabel zitten twee koperen aders. Elke ader heeft een cirkelvormige doorsnede met een diameter van 1,0 mm.

- 4p **3** Bereken de weerstand van één ader.

Een lamp is aangesloten op de haspel. Nu wordt, parallel aan de lamp, ook een straalkachel aangesloten op de haspel. In figuur 2 is deze situatie schematisch weergegeven. Na het aansluiten van de kachel blijkt de lamp minder fel te branden.

- 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.

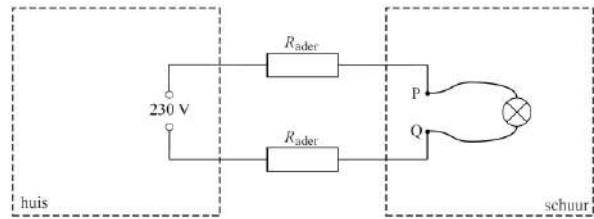


Figuur 2

Stopcontact in schuur

Op flinke afstand van een huis staat een schuur. Nico heeft een stopcontact in de schuur aangelegd. Met een elektriciteitskabel (met twee aders) heeft hij het stopcontact verbonden met het lichtnet in huis. Als Nico een lamp op het stopcontact in de schuur aansluit, brandt deze vrijwel normaal. Als hij echter een grasmaaier aansluit, die een veel groter vermogen heeft dan de lamp, constateert hij dat de maaier minder toeren maakt dan zou moeten. Nico wil dit verschijnsel begrijpen. Hij besluit om de spanning tussen de polen van het stopcontact te meten als functie van de stroomsterkte die het lichtnet levert.

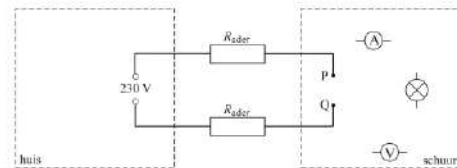
Hij maakt daarvoor de schematische tekening van figuur 1. De punten P en Q zijn de polen van het stopcontact waarop de lamp is aangesloten. De lamp staat in serie met de twee weerstanden van de aders.



Figuur 1

Om de spanning over en de stroomsterkte door de lamp te kunnen meten, moet Nico een stroommeter en een spanningsmeter in de schakeling opnemen. In figuur 2 zijn de lamp en de twee meters zonder verbindingsdraden getekend.

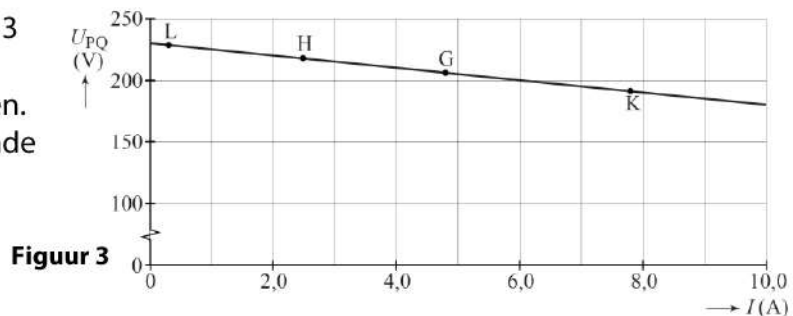
- 3p **1** Teken in figuur 2 in het werkboek de noodzakelijke verbindingsdraden. [werkboek](#)



Figuur 2

Nico sluit vervolgens in plaats van de lamp L een heggenschaar H aan, daarna in plaats van de heggenschaar de grasmaaier G en tenslotte in plaats van de maaier een straalkachel K.

In het (U,I)-diagram van figuur 3 zijn de vier metingen met de punten L, H, G en K aangegeven. Door deze punten is een dalende rechte lijn getrokken.



Figuur 3

- 3p **2** Leg met behulp van figuur 3 uit welk apparaat de kleinste weerstand heeft.

De grafiek daalt omdat de weerstand van de aders niet te verwaarlozen is en omdat de aders in serie staan met het aangesloten apparaat. In deze situatie verdeelt de spanning van 230 V zich over de twee aders en het apparaat.

- 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.

Nico wil dat alle apparaten, die hij aansluit op het stopcontact in de schuur, een spanning krijgen van bijna 230 V. Hij gaat een andere kabel aanleggen.

- 2p **4** Leg uit of de aders in de nieuwe kabel dunner of dikker moeten zijn dan de aders in de oude kabel.

Moderne koplamp

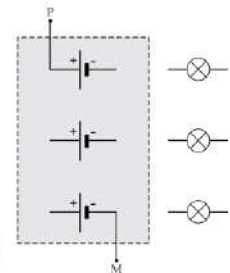
Er is tegenwoordig een koplamp in de handel van het type dat in figuur 1 is afgebeeld. In de koplamp zitten drie parallel geschakelde lampjes (LEDjes) die ieder op een spanning van 4,5 V branden. Deze spanning wordt geleverd door een spanningsbron bestaande uit drie batterijen die ieder een spanning leveren van 1,5 V.



Figuur 1

In figuur 2 zijn de batterijen en de lampjes schematisch getekend. De drie batterijen moeten zo met elkaar verbonden worden dat de spanning tussen de pluspool en de minpool van de spanningsbron (de punten P en M) 4,5 V is.

- 2p **1** Teken in figuur 2 in het werkboek de verbindingsdraden tussen de batterijen. [werkboek](#)
- 2p **2** Teken in figuur 2 in het werkboek hoe de drie lampjes op de punten P en M van de spanningsbron zijn aangesloten. [werkboek](#)



Figuur 2

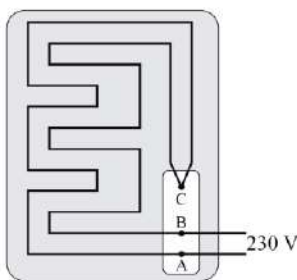
Met volle batterijen kan de spanningsbron 50 kJ elektrische energie leveren. Als de drie lampjes branden, levert de spanningsbron een stroom van 28 mA.

- 4p **3** Bereken hoeveel uur de koplamp kan branden.
- Eén van de lampjes gaat kapot.
- 2p **4** Leg uit of de stroom die de spanningsbron dan levert kleiner wordt, groter wordt of gelijk blijft.

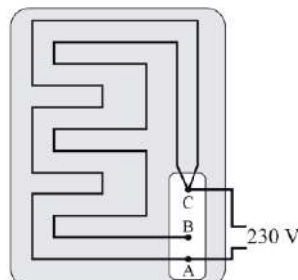
Elektrische deken

In een elektrische deken zitten twee even lange verwarmingsdraden. Door de draden op verschillende manieren op de netspanning aan te sluiten, heeft de deken drie verwarmingsstanden: I, II en III. In figuur 1 is getekend hoe de draden op de netspanning zijn aangesloten in stand I.

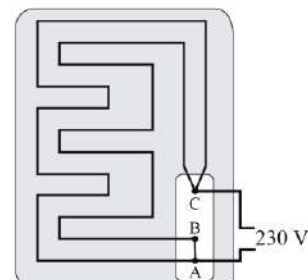
De weerstand van de draad tussen de punten A en C is gelijk aan de weerstand van de draad tussen de punten B en C: $R_{AC} = R_{BC} = 529 \Omega$.



Figuur 1 stand I



Figuur 2 stand II



Figuur 3 stand III

De weerstand tussen de punten A en B, die op de netspanning zijn aangesloten, is in stand I gelijk aan 1058Ω .

1p **1** Leg dit uit met behulp van figuur 1.

3p **2** Bereken het elektrisch vermogen van de deken in stand I.

In stand II zijn de punten A en C op de netspanning aangesloten. Zie figuur 2.

2p **3** Leg uit dat de weerstand in stand II tweemaal zo klein is als de weerstand in stand I.

In stand III blijven de punten A en C aangesloten op de netspanning, maar zijn de punten A en B met elkaar verbonden. Zie figuur 3.

2p **4** Leg uit dat het vermogen in stand III tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II.

Centennial light

In een brandweerkazerne in de VS brandt sinds 1901, dus al meer dan een eeuw, continu een gloeilamp. Vandaar de naam Centennial light. Zie figuur 1.

Je mag aannemen dat de lamp al die tijd was aangesloten op een spanning van 110 V en dat zijn elektrisch vermogen steeds 4,00 W is geweest.

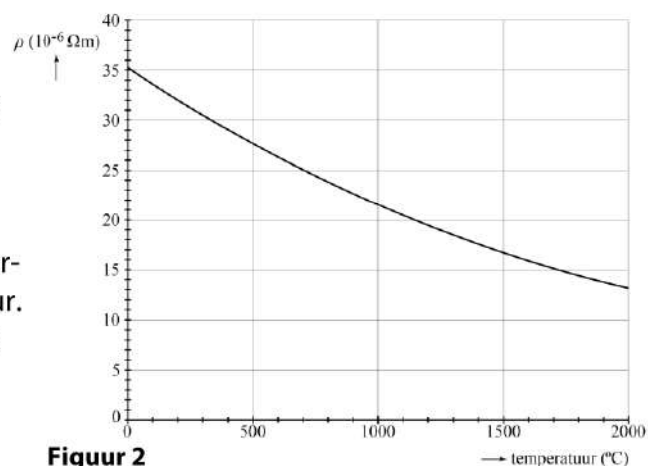


Figuur 1

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.

5p **2** Bereken het aantal elektronen dat in die tijd door (een doorsnede van) de gloeidraad is gestroomd.

De gloeidraad van deze lamp is van koolstof gemaakt. In figuur 2 is weergegeven hoe de soortelijke weerstand van koolstof afhangt van de temperatuur.



Figuur 2

Er zijn drie soorten weerstanden:

- Ohmse weerstanden; de weerstand hiervan is onafhankelijk van de temperatuur.
- PTC's; de weerstand hiervan neemt toe als de temperatuur stijgt.
- NTC's; de weerstand hiervan neemt af als de temperatuur stijgt.

2p **3** Leg uit of een gloeidraad van koolstof een ohmse weerstand, een PTC of een NTC is.

De lengte van de gloeidraad is 14 cm. De diameter van de draad is $3,10 \cdot 10^{-5}$ m.

- 5p **4** Bepaal de temperatuur van de brandende gloeidraad. Bereken daartoe eerst de weerstand van de gloeilamp.

Als men de spanning over een gloeilamp verhoogt, neemt de temperatuur van de gloeidraad toe. De lamp zal dan eerder stuk gaan. Een veel gebruikte vuistregel is: de levensduur van een gloeilamp is omgekeerd evenredig met U^{16} .

De levensduur van de Centennial light is (ongeveer) 150 jaar. Veronderstel dat deze lamp niet op 110 V maar op 120 V zou hebben gebrand.

- 2p **5** Bereken de levensduur die de lamp dan zou hebben gehad.

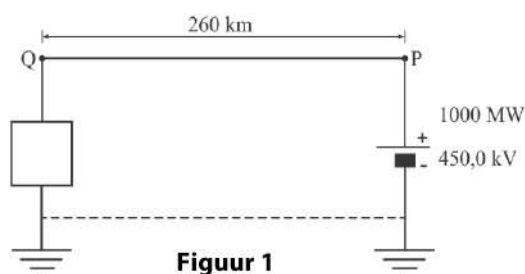
BritNed (aangepast)

Sinds april 2011 ligt er op de zeebodem tussen Nederland en Engeland een 260 km lange, goed geïsoleerde, kabel. De kabel kan beide landen van stroom kan voorzien, afhankelijk van de prijs of de energiebehoefte. Het project is gestart in 2007 en kreeg de naam BritNed.

Op een internetforum beweerde iemand over dit project: "Onderweg van Nederland naar Engeland zal een deel van de stroomsterkte verloren gaan."

- 1p **1** Ben je het met deze bewering eens of oneens? Licht je antwoord toe.

In figuur 1 staat een schematische tekening van de stroomkring die ontstaat als er 1000 MW vermogen van Nederland naar Engeland getransporteerd wordt. In Nederland wordt een elektrische spanning opgewekt van 450,0 kV. De spanning tussen punt Q en aarde is 446,6 kV.



De 260 km lange koperen kabel wordt voorgesteld door een draad PQ. Het blokje stelt de gebruikers in Engeland voor. De terugvoerkabel hoeft niet te worden aangelegd want de stroom gaat via de aarde terug naar Nederland.

De weerstand van de koperen kabel is $1,53 \Omega$.

- 3p **2** Toon dit aan met een berekening.

De kabel heeft een diameter van 6,1 cm.

- 4p **3** Toon dit aan met een berekening.

De koperen kabel is erg zwaar: de massa is $6,8 \cdot 10^3$ ton.

- 3p **4** Toon dit aan met een berekening.

Het vermogensverlies in de kabel is 7,6 MW.

- 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.

Rondom de koperen kabel ligt een elektrisch isolerende mantel. Deze mantel zorgt er ook voor dat (een deel van) de geproduceerde warmte wordt afgevoerd naar het zeewater. Voor de warmte die per seconde door de mantel wordt doorgelaten geldt:

$$P = c \cdot \ell \cdot \Delta T$$

Hierin is:

- P de warmte die per seconde in de koperen kabel ontwikkeld wordt;
- c een constante;
- ℓ de lengte van de draad;
- ΔT het temperatuurverschil tussen de koperen kabel en het zeewater.

Als de temperatuur van het zeewater 10°C is, krijgt het koper in de kabel op den duur een temperatuur van 25°C .

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

De kabel is omwikkeld met in oliegedrenkt papier. Dit papier heeft enkele eigenschappen die het geschikt maken om de koperen kabel te isoleren. In het werkboek staan enkele stoffeigenschappen van het in olie gedrenkte papier.



- 2p **7** Geef in het werkboek met een kruisje aan of deze stoffeigenschap bij voorkeur groot moet zijn, klein moet zijn, of niet van belang is in deze situatie. [werkboek](#)

Om het leggen van de kabel eenvoudiger te maken, heeft men besloten om in plaats van één kabel twee parallelle kabels aan te leggen. De totale doorsnede van de twee kabels is even groot als de doorsnede van de enkele kabel. In het werkboek staan hierover drie beweringen.

- 2p **8** Geef in het werkboek van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is. [werkboek](#)

Elektrische auto

Een autofabrikant heeft in 2012 een bijzonder model elektrische auto op de markt gebracht: de tweepersoons-Twizy. Hieronder staan enkele technische gegevens van de Twizy die bij de vragen gebruikt kunnen worden.

Technische gegevens Twizy

Totale massa inclusief accu: 462 kg

Massa accu: 100 kg

Lengte: 2,3 m | Breedte: 1,4 m



Hoogte: 1,5 m
 Topsnelheid: 80 km h⁻¹
 Opslagcapaciteit accu: 6,1 kWh
 Gemiddeld energieverbruik per km: 0,075 kWh
 Oplaadtijd: 3,5 uur
 Nuttig motorvermogen bij topsnelheid: 8,5 kW

De actieradius van een elektrische auto is de afstand die een auto met een volle accu kan afleggen.

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

Auto's worden vaak met elkaar vergeleken op basis van het energieverbruik. Een kleine benzineauto gebruikt gemiddeld 1 liter benzine om een afstand van 20 km af te leggen.

- 4p **2** Leg met behulp van een berekening uit of de Twizy zuiniger of minder zuinig rijdt dan deze benzineauto. Gebruik Binas tabel 28B.

Als een auto met topsnelheid rijdt, is het energieverbruik groter dan gemiddeld. Het rendement van de elektromotor van de Twizy is bij topsnelheid 87%.

- 4p **3** Bereken het energieverbruik per km (in kWh km⁻¹) van de Twizy bij topsnelheid.

- 2p **4** Bereken de grootte van de totale wrijvingskracht bij topsnelheid.

Als de accu leeg is, wordt hij aan het stopcontact (230 V) opgeladen.

- 3p **5** Bereken de (gemiddelde) stroomsterkte die het elektriciteitsnet levert tijdens het opladen.

In de tabel staat een overzicht van verschillende types accu die in elektrische auto's gebruikt kunnen worden.

Type accu	Energiedichtheid (10 ⁵ J kg ⁻¹)
Lood	1,1
NiCd	1,4
Li-ion	2,2
Li-po	5,8
Li-S	13

- 3p **6** Bepaal welk type accu in de Twizy is toegepast. Leg je antwoord uit.

Airbus E-fan

De Airbus E-fan is een klein, tweepersoons elektrisch vliegtuig. Het vliegtuig heeft twee motoren met een vermogen van 4,0 kW per motor. Elke motor heeft een eigen accu, met een spanning van 250 V. De E-fan maakte zijn eerste vlucht op 11 maart 2014 op een luchtshow in Engeland. Het vliegtuig kwam los van de grond bij een snelheid van 32 knopen.



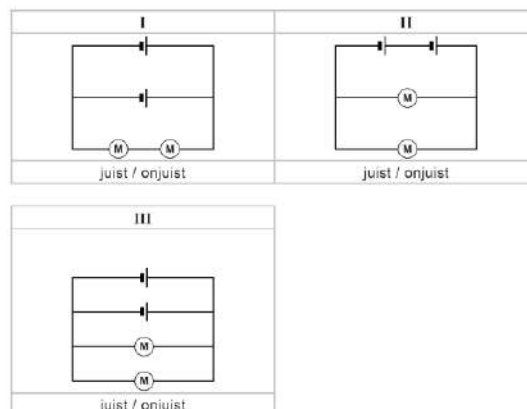
- 2p **1** Reken deze snelheid om naar km h⁻¹.

- 2p **2** Bereken de stroomsterkte die elke accu aan zijn motor levert.

Bij een maximaal vermogen van 4,0 kW kan een motor maximaal 1 uur en 10 minuten werken. De massa van een accu is 40 kg.

- 3p **3** Bereken de energiedichtheid in J kg^{-1} van een accu.

In plaats van elke motor op zijn eigen accu aan te sluiten, worden beide motoren en beide accu's in één schakeling aangesloten. Als één motor uitvalt, moet de andere wel blijven werken. In figuur 1 staan drie schakelingen getekend.



- 2p **4** Geef voor elke schakeling aan of de motoren juist of onjuist zijn aangesloten.

Figuur 1

Omdat het vliegtuig slechts korte vluchten kan maken op de twee volle accu's, wil de fabrikant een hybride model op de markt brengen dat langere vluchten kan maken. In deze variant worden de accu's opgeladen door een verbrandingsmotor op benzine. Deze variant kan 2,5 uur langer in de lucht blijven dan de E-fan. Het rendement van de verbrandingsmotor is 35%.

- 4p **5** Bereken hoeveel liter benzine deze variant minimaal verbruikt tijdens zijn vlucht.

Lassen

Voor deze opgave moet je gebruikmaken van de tabel met stofeigenschappen van ijzer in figuur 1.

stofeigenschap	waarde
dichtheid	$7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
elasticiteitsmodulus	$2,20 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
smeltpunt	$1,811 \cdot 10^3 \text{ K}$
soortelijke warmte	$0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
soortelijke weerstand	$1,05 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m}$
treksterkte	$3,5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$
warmtegeleidingscoëfficiënt	$80,3 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Figuur 1

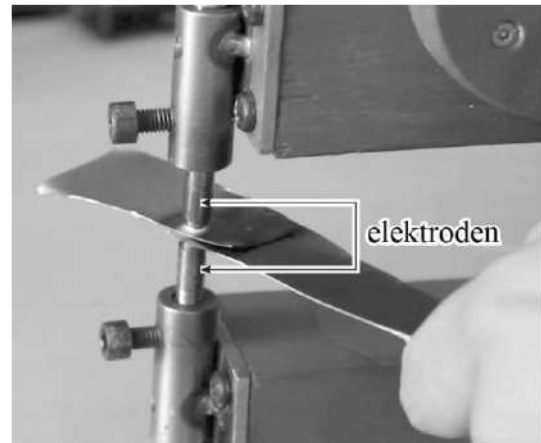
Lassen is een techniek om metalen delen aan elkaar te bevestigen. Dit kan door die delen met een brander zo te verhitten dat op de plek van de verhitting het materiaal van beide delen smelt en vervolgens na afkoeling tot één geheel samen vast wordt. Zie figuur 2. Deze plek wordt een 'las' genoemd.



Figuur 2

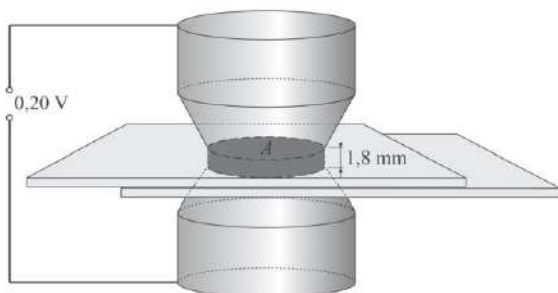
- 1p **1** Hoe heet de tweede faseovergang in het beschreven lasproces?
- A bevroren
 - B condenser
 - C stollen
 - D sublimeren

Het smeltpunt kan ook bereikt worden door een elektrische stroom door de metalen delen te laten lopen. Hiervoor wordt een puntlasapparaat gebruikt. Een puntlasapparaat levert een hoge stroomsterkte bij een lage spanning over twee elektroden. Twee plaatjes ijzer worden met een puntlasapparaat aan elkaar gelast. Zie figuur 3. De plaatjes worden op elkaar gelegd en krachtig op elkaar gedrukt door de twee elektroden.

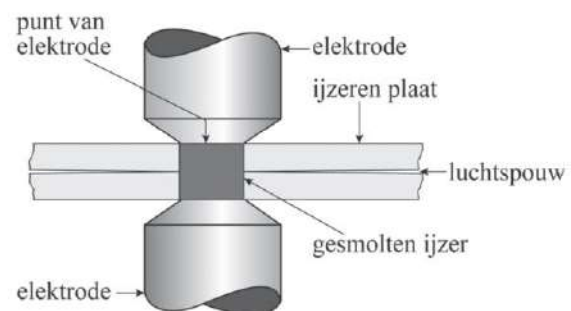


Figuur 3

Als de elektroden tegen de plaatjes worden gedrukt gaat er een stroom I door het ijzer tussen de elektroden lopen. Het ijzer tussen de elektroden is bij benadering cilindervormig. Zie figuur 4a. De ijzeren plaatjes tussen de elektroden zijn samen 1,8 mm dik en raken elkaar alleen tussen de elektroden. De oppervlakte A waarmee de ijzeren plaatjes elkaar raken, is $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$; deze is even groot als de oppervlakte van de punt van een elektrode. Zie figuur 4a en 4b.



Figuur 4a



Figuur 4b

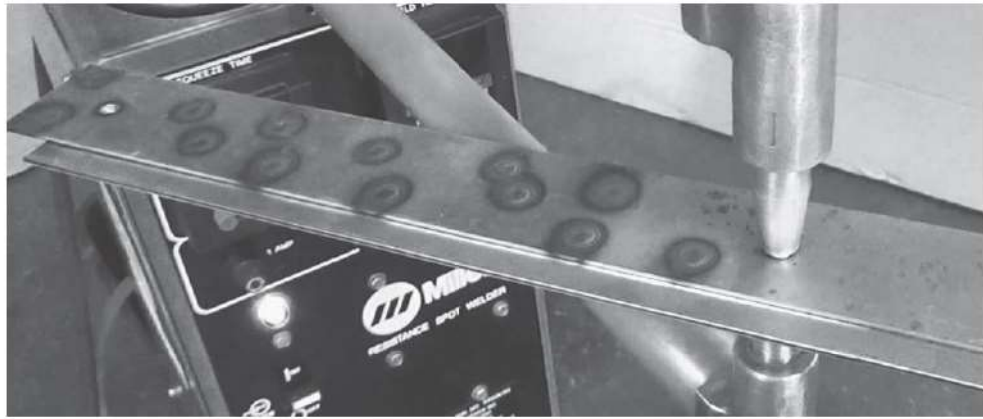
Over de plaatjes staat een spanning van 0,20 V. De stroomsterkte door het ijzer is op dat moment gelijk aan 68 kA.

3p **2** Toon dat aan met een berekening.

De massa van het cilindervormige deel ijzer tussen de elektroden is $9,1 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$. Het ijzer heeft een begintemperatuur van 20°C . Van de warmte die ontstaat tussen de elektroden wordt 15% gebruikt om het ijzer tussen de elektroden tot het smeltpunt te verhitten. De weerstand van het ijzer tussen de elektroden wordt als constant beschouwd.

5p **3** Bereken na hoeveel tijd het ijzer begint te smelten.

Vaak worden meerdere lassen naast elkaar gemaakt. Zie figuur 5 en schematisch in figuur 6. De elektrische spanning over de elektroden is voor iedere las even groot.



Figuur 5



Figuur 6

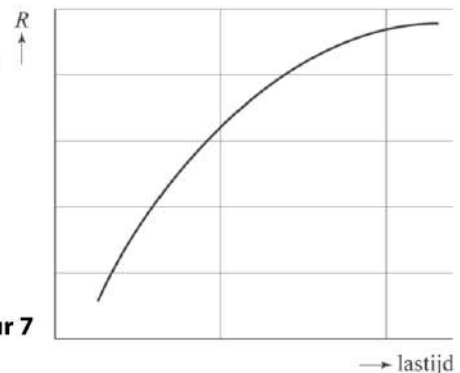
De platen raken elkaar alleen op de lassen. Zie figuur 6.

- 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.

In werkelijkheid blijft de weerstand van het ijzer tussen de elektroden niet constant gedurende het vormen van een las (de 'lastijd'). Zie figuur 7.

- 2p **5** Leg met behulp van figuur 7 uit of ijzer een PTC-materiaal of een NTC-materiaal is.

Figuur 7



De koperen elektroden worden heet tijdens het lassen. Ze moeten daarom gekoeld worden door er met slangen water doorheen te pompen. Zie figuur 8.

In het werkboek staan drie stellingen over het heet worden van de elektroden.

- 2p **6** Geef in het werkboek per stelling met een kruisje aan of deze waar of niet waar is. [werkboek](#)

Figuur 8



Elektrische eierkoker

Aart heeft een elektrische eierkoker. Zie figuur 1.

Deze eierkoker werkt als volgt:

De eierkoker wordt gevuld met maximaal 7 eieren en een beetje koud water en afgedekt met een deksel.

Figuur 1



Na inschakelen wordt het water door een elektrisch verwarmingselement tot het kookpunt verhit en omgezet in waterdamp. De waterdamp verhit de eieren. Zodra het water volledig is verdampt, loopt de temperatuur van het element op tot boven $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Op dat moment schakelt het verwarmingselement uit en schakelt een zoemer in.

In het werkboek staat een deel van het elektrisch schakelschema getekend. In de eierkoker zit een automatische schakelaar T met twee standen. Als de temperatuur lager is dan of gelijk is aan $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ staat de schakelaar in stand I. Als de temperatuur hoger is dan $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ staat de schakelaar in stand II.

De eierkoker voldoet aan de volgende drie ontwerpisen:

- 1 De eierkoker gaat aan en uit met een schakelaar S.
- 2 Als het verwarmingselement R aan is, brandt een controlelampje L.
Beide werken op een spanning van 230 V.
- 3 Als de temperatuur boven de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ komt, schakelen R en L uit en schakelt een zoemer Z in.

4p

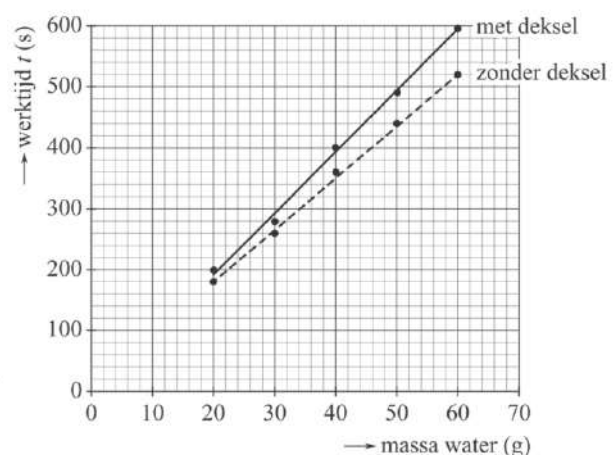
- 1 Teken in het werkboek de overige draden in het schema zodat de eierkoker functioneert volgens de drie ontwerpisen. [werkboek](#)

De eierkoker heeft een deksel met een gaatje waar waterdamp door ontsnapt. Zie figuur 1. De werktijd t is de tijd tussen het aanzetten van de eierkoker en het automatisch uitschakelen van het verwarmingselement.

Aart meet nog zonder eieren hoe t afhangt van de massa van het water. Hij voert de metingen uit zonder deksel en met deksel. Het resultaat staat in figuur 2.

Aart ziet dat waterdamp op het deksel condenseert en terugloopt in de eierkoker.

Figuur 2



2p

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

De werktijd t wordt bepaald door het ontwerp van de eierkoker. In het werkboek staat een tabel met mogelijke aanpassingen in het ontwerp.

2p **3** Geef per aanpassing aan of t daardoor afneemt of toeneemt. [werkboek](#)

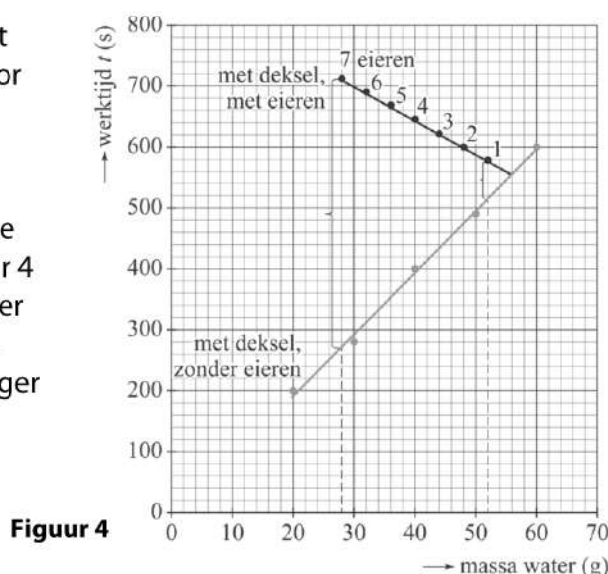
In de gebruiksaanwijzing vindt Aart een tabel met een opvallende opmerking. Zie figuur 3.

Figuur 3

'Hoe meer eieren er gekookt worden, hoe minder water er toegevoegd hoeft te worden.'							
aantal eieren	1	2	3	4	5	6	7
toe te voegen water (gram)	52	48	44	40	36	32	28

Aart meet t voor 1 tot en met 7 eieren en zet zijn resultaten in een grafiek. Zie figuur 4. Voor iedere meting zijn het deksel en de voorgeschreven hoeveelheid water gebruikt.

In figuur 4 staat ook de grafiek van de eerdere metingen met deksel, zonder eieren. In figuur 4 is te zien dat t voor 7 eieren en 28 gram water veel langer is dan voor alleen 28 gram water. Voor 1 ei en 52 gram water is t maar iets langer dan voor alleen 52 gram water.



Figuur 4

Het rendement van het koken van de eieren is de verhouding tussen de nuttige energie die door de eieren is opgenomen en de totale elektrische energie die de eierkoker heeft opgenomen.

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.

Het verwarmingselement heeft een vermogen van 320 W. Op internet leest Aart dat een ei tijdens het koken ongeveer 14 kJ energie opneemt.

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.

Tot slot wil Aart weten of eieren koken met de elektrische eierkoker energiezuiniger is dan eieren koken in een pan met water op een gaspit. Hij kookt vier eieren op een gaspit. Zie figuur 5.

De elektrische eierkoker gebruikt voor het koken van vier eieren $5,7 \cdot 10^{-2}$ kWh elektrische energie. Met de pan gebruikt Aart 14 gram aardgas.



Figuur 5

3p **6** Toon met een berekening aan of de elektrische eierkoker energiezuiniger is dan de gaspits bij het koken van vier eieren. Ga uit van 'Gronings' aardgas (Binas).

Exploderende draad

In 2016 werd in Eindhoven tijdens het festival Glow voor publiek kunstmatig een 'bliksem' met een recordlengte van 80 m gemaakt. Zie figuur 1.

Voor het opwekken van de bliksem werd een dunne draad van koper gebruikt met een weerstand van $35\ \Omega$. De draad was 80 m lang. Een menselijke haar heeft een diameter van 0,060 mm. Zowel de draad als een mensenhaar is cilindervormig.



Figuur 1

- 4p **1** Toon met een berekening aan of de draad dikker of dunner was dan een mensenhaar.

Om de bliksem op te wekken werd de draad op een hoge spanning aangesloten. Hierdoor ging een grote stroom door de draad lopen. Er werd een enorm vermogen van $7,1 \cdot 10^9\text{ W}$ in de draad ontwikkeld. Neem aan dat de weerstand van de draad tijdens dit proces constant was. Voor het vermogen dat in de draad wordt omgezet geldt:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- 3p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid dit af met formules uit een informatieboek.
 - Bereken de spanning waarop de draad was aangesloten.

Tijdens dit proces bleef de weerstand van de draad echter niet constant. De weerstand nam toe met de temperatuur.

- 1p **3** Hoe heet dit type weerstand?
- A** LDR **B** LED **C** NTC **D** PTC

Iemand vraagt zich af of voor het opwekken van deze bliksem veel energie nodig was. Hij vergelijkt het met het opladen van een smartphone. De draad leverde gedurende $1,4 \cdot 10^{-5}\text{ s}$ een vermogen van $7,1 \cdot 10^9\text{ W}$. Een gewone smartphone accu heeft een capaciteit van 9,88 Wh.

- 4p **4** Bereken hoe vaak deze accu opgeladen kan worden met de hoeveelheid energie die nodig was voor het maken van de bliksem.

Het toevoeren van de energie verliep zó snel dat de draad explodeerde. Hierbij ontstonden kleine druppels koper. Het publiek hoorde deze explosie als een knal vergelijkbaar met de donder bij een bliksem.

- 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.

De hete druppels vlogen met een snelheid van $0,9 \text{ km s}^{-1}$ weg in de richting van het publiek achter de hekken. Binnen $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ verdampten de druppels. Een gedeelte van figuur 1 staat vergroot in figuur 2.

Figuur 2



- 2p **6** Toon met behulp van figuur 2 aan of de druppels het publiek konden bereiken.

Zelfbouw zaklamp

Een hobbyist maakt een zaklamp met een zeer grote lichtsterkte. Hij gebruikt voor de zaklamp meerdere leds. Iedere led heeft een vermogen van $1,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ bij een stroomsterkte van $3,0 \text{ A}$. Voor de stroomvoorziening heeft hij de beschikking over 4 accu's die elk een spanning van $11,1 \text{ V}$ leveren. Hij combineert een aantal van deze accu's tot een accupakket.

- 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.

Het gebruikte accupakket heeft een capaciteit van $5,0 \text{ Ah}$. Eén led werkt op een stroomsterkte van $3,0 \text{ A}$. De zaklamp maakt gebruik van 8 parallel geschakelde leds.

- 4p **2** Bereken hoeveel minuten het accupakket de leds kan laten branden.

Iedere led heeft een elektrisch vermogen van $1,0 \cdot 10^2 \text{ W}$. De led levert licht en warmte. Het rendement van de leds is 35%. Om te voorkomen dat de leds te heet worden, zijn deze op koelblokken geplakt. Op één koelblok passen 4 leds. Het koelblok is gevuld met 25 gram water van 20°C . Als de leds worden ingeschakeld, zal het water opwarmen. Neem aan dat alle warmte die de leds produceren door het water wordt opgenomen.

- 5p **3** Bereken hoelang het dan duurt voordat het water in één koelblok kookt.

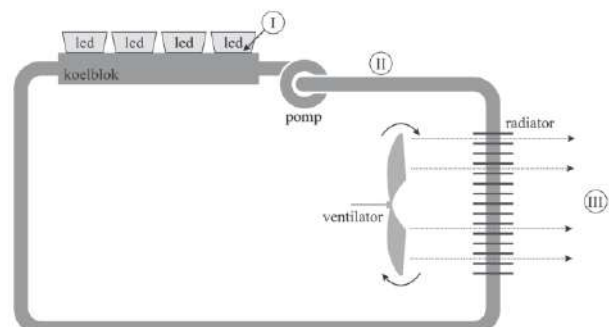
Om het water zelf te koelen, wordt het rondgepompt. Een pomp verplaatst het water van het koelblok naar een radiator die daardoor opwarmt. Een draaiende ventilator koelt de radiator door er lucht langs te blazen. Het afgekoelde water gaat weer terug naar het koelblok. Zie schematisch in figuur 1. Er zijn drie plekken (I, II en III) aangegeven waar warmte wordt getransporteerd.

In het werkboek staat een tabel.

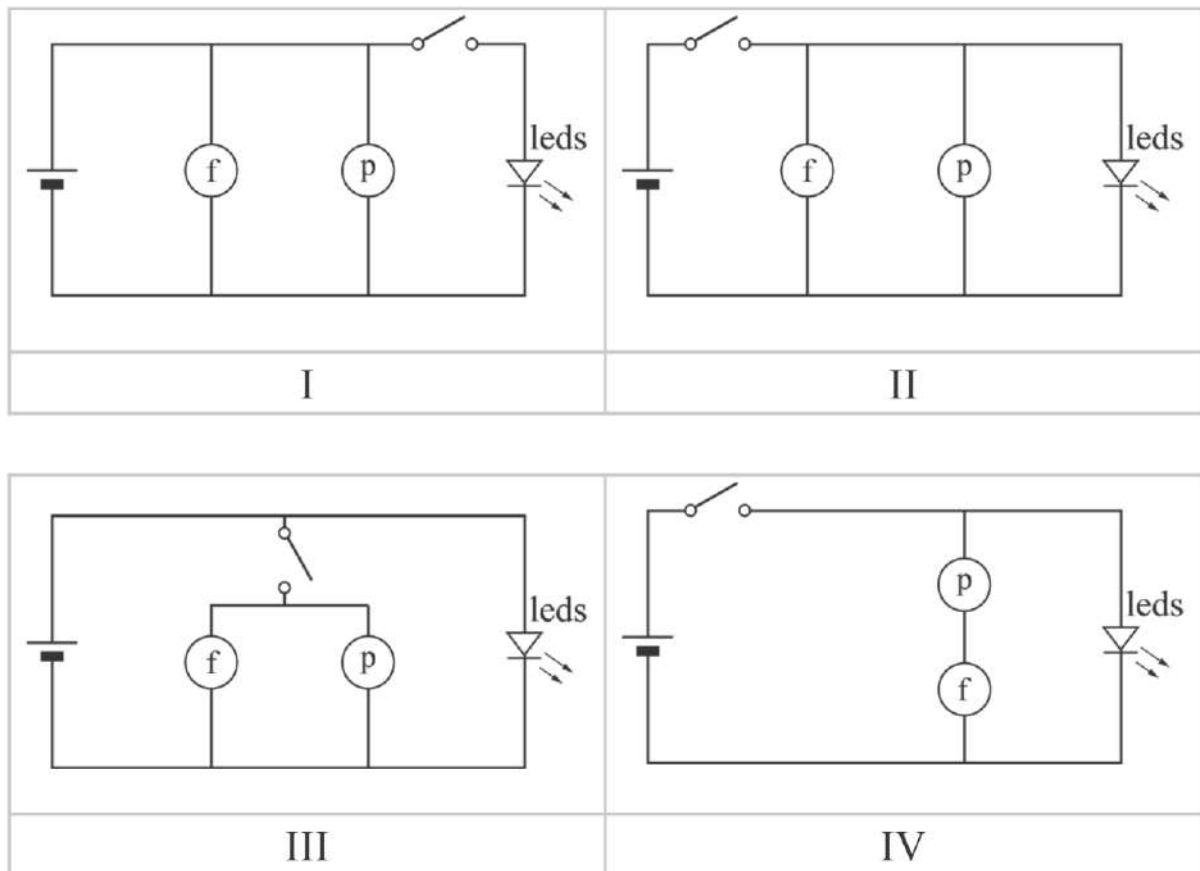
- 2p **4** Omcirkel in de tabel in het werkboek voor elke plek (I, II en III) de belangrijkste vorm van warmtetransport.

[werkboek](#)

Figuur 1



Pomp p en ventilator f moeten tegelijk met de leds ingeschakeld worden en werken ieder op dezelfde spanning als de leds. In figuur 2 staan vier schakelschema's.



Figuur 2

1p

5 Welk schakelschema is juist?

A schema I

B schema II

C schema III

D schema IV