

6 Elektriciteit

havo

6.1 Lading

- 1* In de volgende zinnen ontbreekt er steeds een woord. Maak de zinnen compleet.
- a Een proton heeft een _____ lading.
 - b Een neutron heeft _____ lading.
 - c Een elektron heeft een _____ lading.
 - d Een atoom dat een elektron heeft afgestaan krijgt een _____ lading.
 - e Een atoom dat een elektron heeft opgenomen krijgt een _____ lading.
- 2* In de volgende zinnen ontbreekt er steeds een woord. Maak de zinnen compleet.
- a Twee positieve ladingen oefenen een _____ kracht op elkaar uit.
 - b Twee negatieve ladingen oefenen een _____ kracht op elkaar uit.
 - c Een positieve en een negatieve ladingen oefenen een _____ kracht op elkaar uit.
- 3*
- a Het symbool voor (elektrische) kracht is _____
 - b Kracht wordt uitgedrukt in _____
- 4*
- a Het symbool voor elektrische lading is _____
 - b Elektrische lading wordt uitgedrukt in _____
- 5* Als je met een zijden doek over een glazen staaf wrijft krijgt de staaf een positieve lading.
- a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
 - b Waaraan merk je of een voorwerp een elektrische lading heeft?
- 6* Als je met je trui over een ballon wrijft blijft de ballon hangen aan het plafond.
- a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
- Na een poosje valt de ballon naar beneden.
- b Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.

7** 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 op 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.

8** Hieronder staan beweringen over lading. Geef aan of ze waar of niet waar zijn. Leg daarna uit waarom je dat vindt.

- a Een vliegtuig dat net is geland kan elektrisch geladen zijn. *(waar / niet waar)*
- b Er zijn drie soorten lading. *(waar / niet waar)*
- c In een neutraal voorwerp zit geen lading. *(waar / niet waar)*
- d In een geladen voorwerp zit altijd meer positieve dan negatieve lading. *(waar / niet waar)*
- e Als je elektrische lading aanraakt ga je dood. *(waar / niet waar)*
- f Op iedere moment van de dag vallen er geladen deeltjes die van de zon komen op aarde. *(waar / niet waar)*

9** 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?

10** 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.

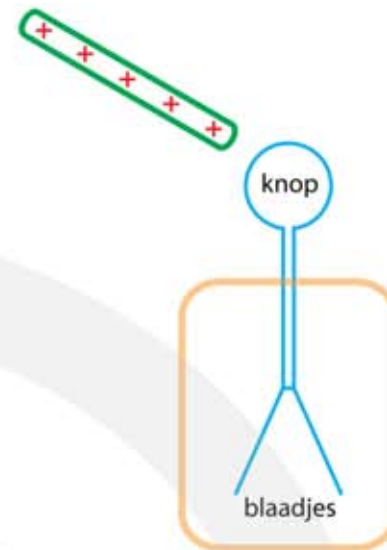
- c Leg uit of bij een positief geladen wolk de elektronen van de wolk naar de aarde springen of andersom.

11** Je raakt een deurklink aan en krijgt een schok.

- a Leg uit wat er aan de hand is.

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

- a Teken de lading in de knop.
- b Teken de lading in de blaadjes.
- 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.



13** In een aluminium bakje doe je balletjes gemaakt van piepschuim. Via een metaal-draad 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.

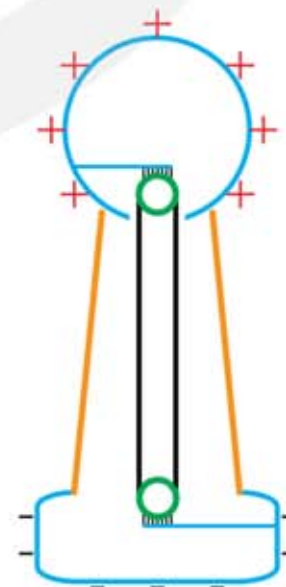
- c Leg uit waarom ze dit doen.

14** 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 stroomsterkte

- 1*** Om 1,0 coulomb elektrische lading van A naar B te verplaatsen moet je een kracht van 10 N uitoefenen. De arbeid die je hierbij verricht is 5,0 joule.
- Geef de formule voor de elektrische energie.
 - Bereken hoeveel spanning er tussen A en B staat.
 - Bereken hoeveel energie het kost om 2,0 coulomb van A naar B te brengen.
- 2**** Om een lading van 2,0 coulomb van A naar B te verplaatsen moet je 24 J arbeid verrichten.
- Bereken hoeveel arbeid je moet verrichten om een lading van 5,0 coulomb van A naar B te verplaatsen.
- De elektrische energie is recht evenredig met de hoeveelheid verplaatste lading.
- Leg uit wat er met recht evenredig wordt bedoeld.
 - Leg uit waarom de elektrische energie recht evenredig is met de hoeveelheid verplaatste lading.
- 3**** Het kost 0,50 J aan energie om 0,20 C positieve lading van A naar B te verplaatsen.
- Bereken de spanning tussen A en B.
 - Leg uit of plaats A positief of negatief is ten opzichte van B.
- 4**** Een batterij heeft een spanning van 1,5 V. Op een bepaald moment heeft de batterij 6000 J aan elektrische energie geleverd.
- Hoeveel lading er dan van de + naar de – pool gestroomd?
- In een zaklantaarn zijn vier van deze batterijen in serie geschakeld.
- Hoe groot is de spanning waarop het lampje brandt?
 - Bereken hoeveel lading er door het lampje is gestroomd, als de batterijen samen 6000 J aan elektrische energie hebben geleverd.

- 5**** In de natuurkundeles 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.
- a** Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.
- Eén elektron heeft een lading van $1,6022 \cdot 10^{-19}$ C.
- b** Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.
- 6***
- 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.
- 7***
- a** Leg uit wat een condensator is en wat je met een condensator kunt doen.
- b** Leg uit waarom er tussen de platen van een condensator een isolerende stof moet zitten.
- 8***
- 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.
- 9***
- 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.

6.3 Stroomkring

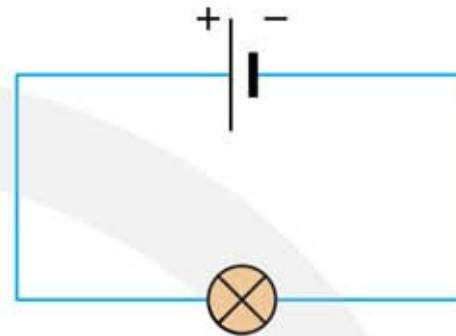
1** In de figuur zie je een lampje dat is aangesloten op een spanningsbron.

a Geef in de figuur met pijltjes de richting van de stroom aan. Geef uitleg.

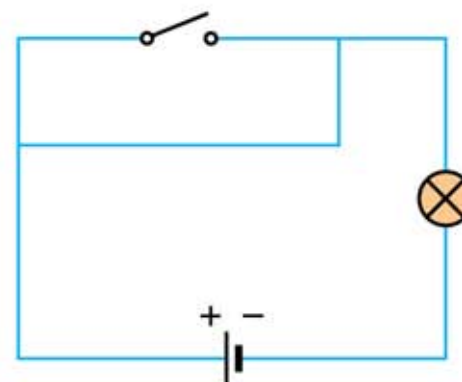
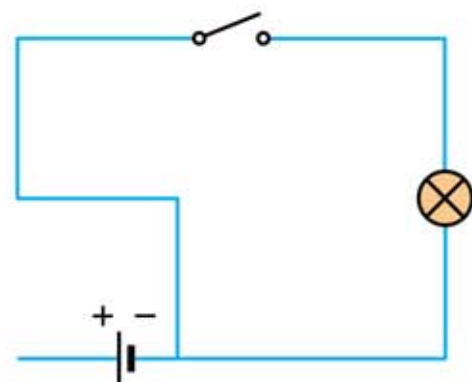
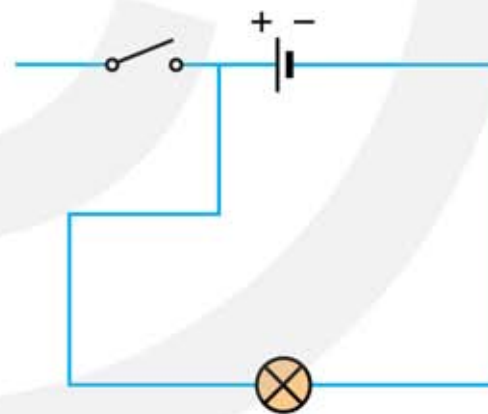
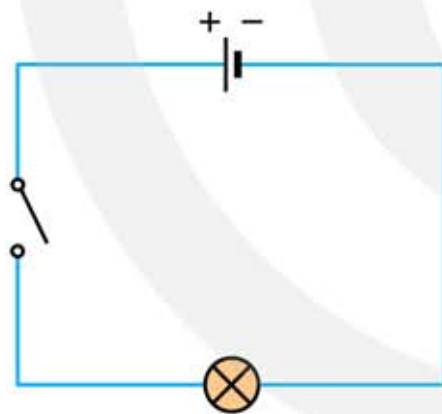
b Geef in de figuur met een andere kleur de richting aan waarin de elektronen bewegen. Leg je antwoord uit.

c Leg uit waarom een stroom die de hele tijd blijft lopen alleen mogelijk is als 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.

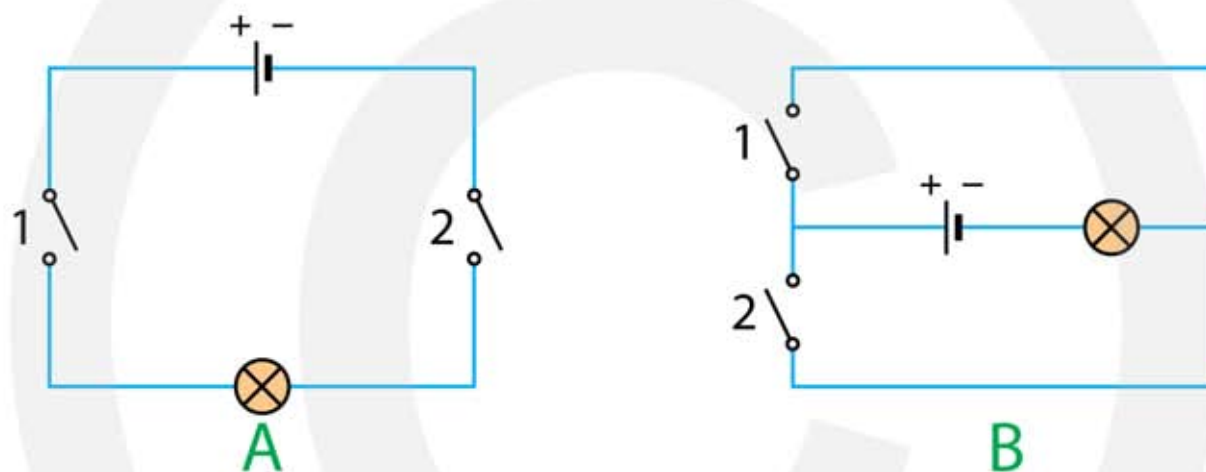


2** Hieronder zie je vier schakelingen met een spanningsbron, een schakelaar en een lampje.



- a Leg uit in welke van de vier schakelingen het lampje gaat branden als de schakelaar wordt gesloten.
- b In welke schakelingen is de spanningsbron verkeerd aangesloten?
- c In welke schakelingen is de schakelaar verkeerd aangesloten?
- d In welke schakelingen werkt de schakelaar niet?

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



- a 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 lichtsakelaars 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.

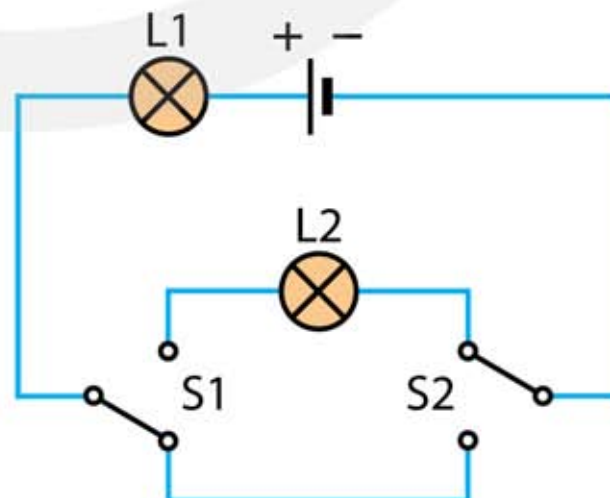
Schema B

- 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.

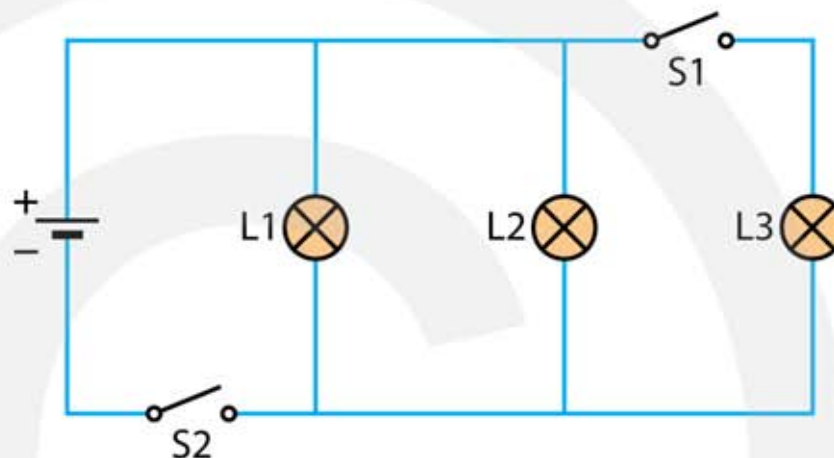


Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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.

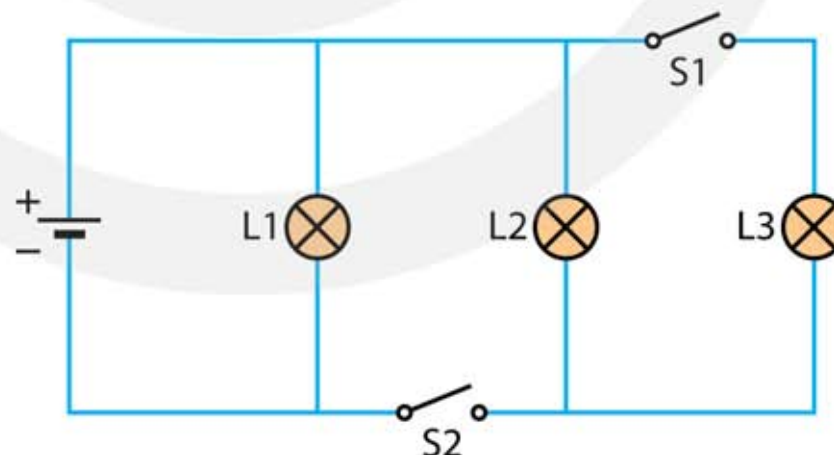


Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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.

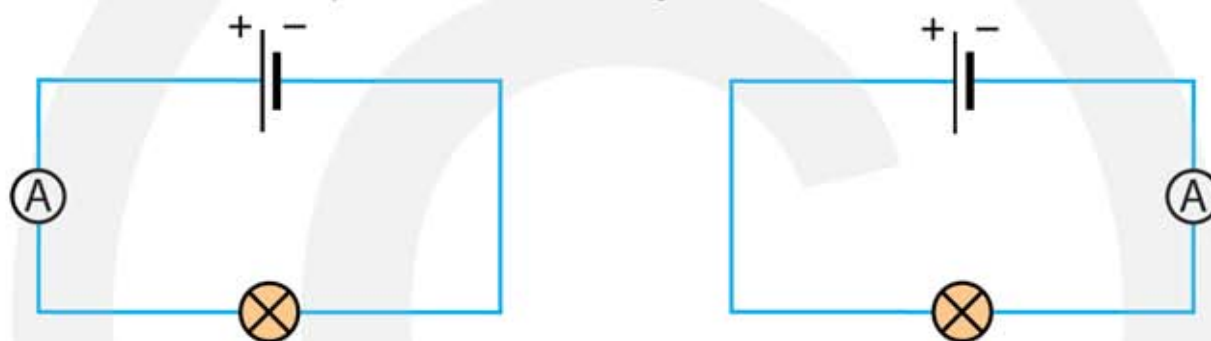


Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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 een ampèremeter worden aangesloten.



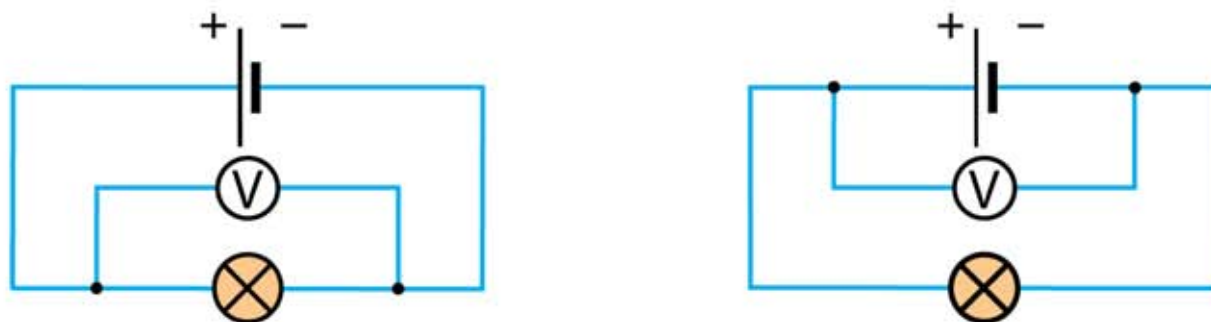
Jan beweert dat de ampèremeter moet worden aangesloten zoals in de linker figuur. Bart beweert dat de rechter figuur goed is.

- 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.

- Hoe groot zal dan de stroomsterkte in de stroomkring zijn?
- 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 een voltmeter worden aangesloten.



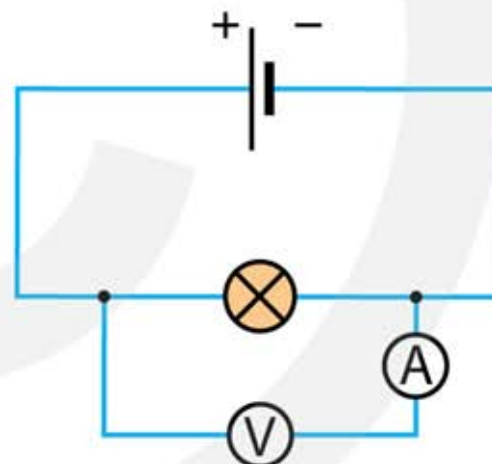
Jan beweert dat de voltmeter moet worden aangesloten zoals in de linker figuur. Bart beweert dat de rechter figuur goed is.

- Wie heeft er gelijk, Jan, Bart, beiden of geen van beiden. Leg je antwoord uit.
- Teken in de linker figuur en in de rechter figuur de stroom door de kring.
- 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****
- Maak een tekening van een stroomkring met daarin een spanningsbron, een lampje en een voltmeter die de spanning over het lampje meet.
 - Geef de plus en de min aan bij de spanningsbron en geef met pijltjes aan hoe de stroom loopt.
 - Teken een schakelaar in de stroomkring waarmee je het lampje aan en uit kunt schakelen.

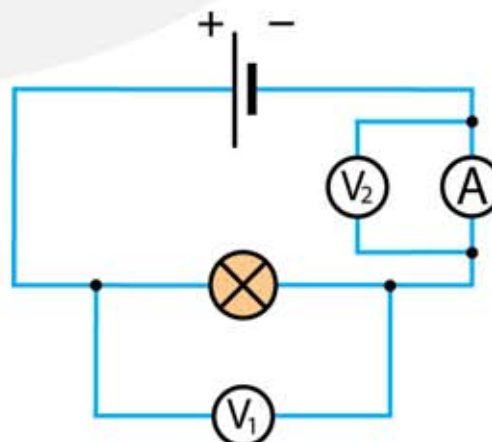
- 12*****
- In de figuur zie je een stroomkring met een spanningsbron een lampje, een ampèremeter en een voltmeter. De spanningsbron staat op 6 volt.

- Bereken wat de ampèremeter aangeeft.
- 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.



- 13*****
- In de figuur zie je een stroomkring met een spanningsbron, een lampje, een ampèremeter en twee voltmeters. De spanningsbron staat op 12 volt.

- Bereken wat voltmeter V_1 aangeeft.
- Bereken wat voltmeter V_2 aangeeft.
- Voltmeter V_2 wordt verwijderd. Bereken of de waarde van V_1 hierdoor verandert.
- Voltmeter V_1 wordt verwijderd. Bereken of de waarde van A hierdoor verandert.



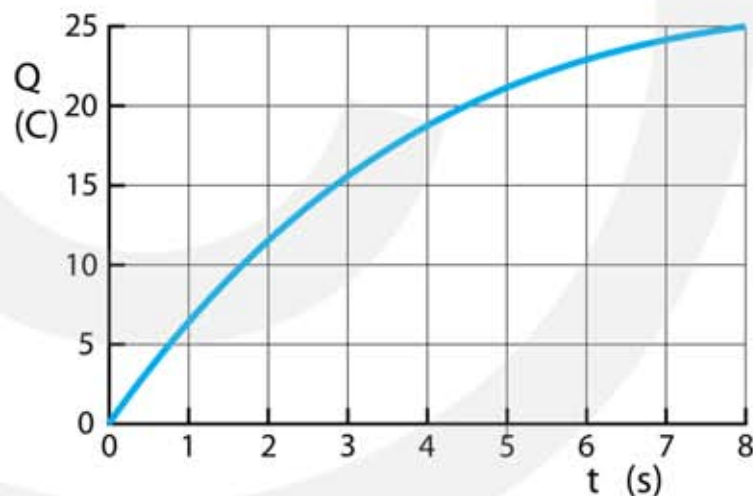
- 14***** a Door een lampje gaat een stroom van 0,25 A. Bereken hoeveel lading er per seconde door het lampje stroomt.
- b Het apparaat het lampje brandt een jaar lang continu. Bereken de lading die in één jaar door het lampje gaat.

15**** 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?
- c Een klok kan een jaar lopen voordat de batterij moet worden opgeladen. Bereken de stroomsterkte door de klok.

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

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

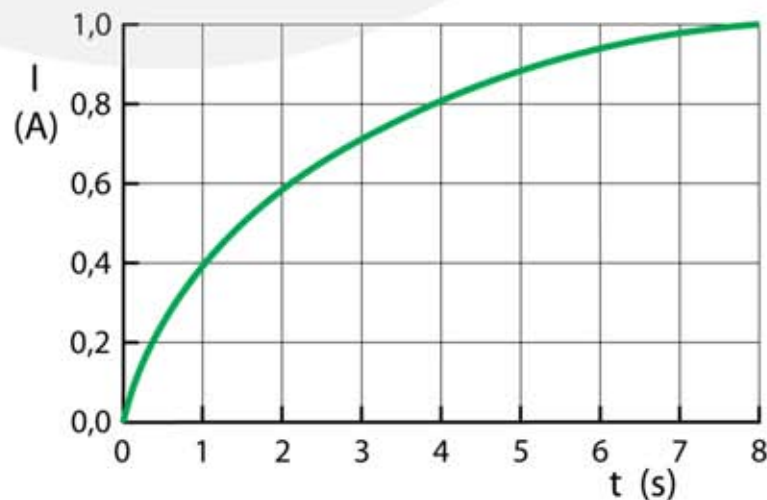


17** In de figuur zie je een (I, t)-diagram.

- 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** a Schrijf de wet van Ohm op in je eigen woorden.

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.

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

Karin heeft **wel** / **niet** gelijk omdat _____

Mark heeft **wel** / **niet** gelijk omdat _____

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

- a Bereken de weerstand.

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

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

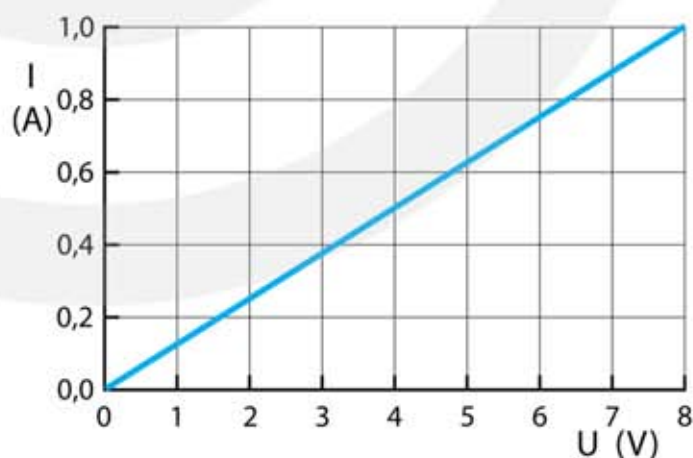
- 3** In de figuur zie je het (I, U)-diagram van een weerstand.

- 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.

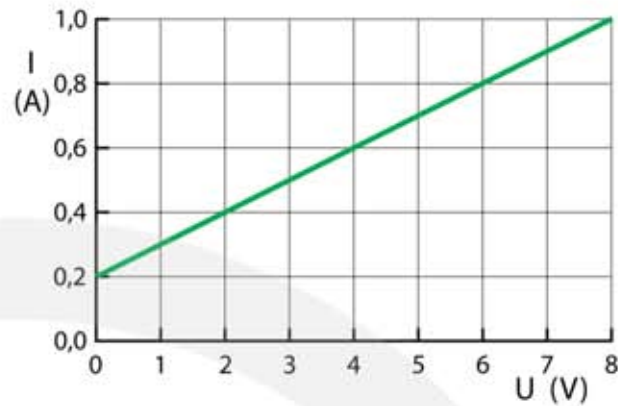


Inge beweert dat een grotere weerstand een steilere grafiek heeft.

- e Leg uit of Inge gelijk heeft.

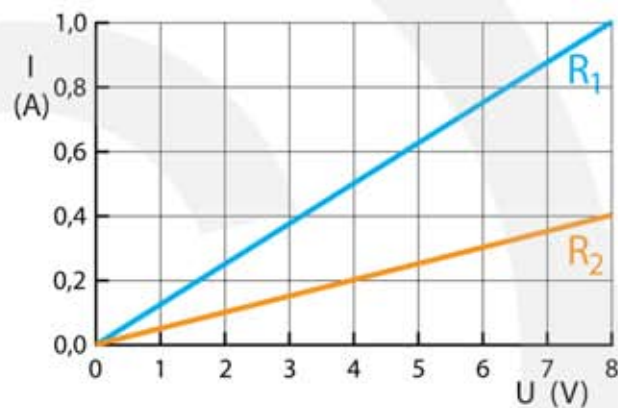
4** In de figuur zie je een (I, U)-diagram.

- 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 .

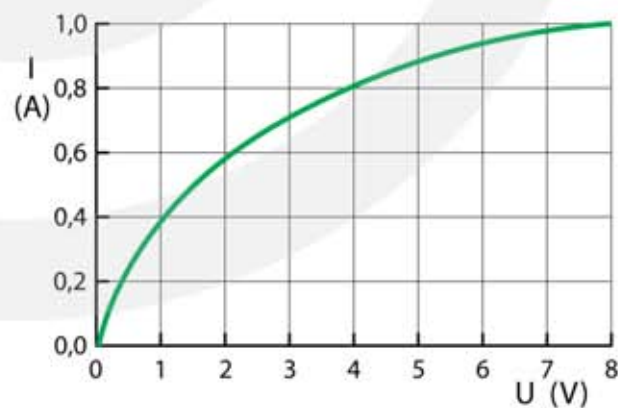
- a Bereken welke weerstand R_1 of R_2 het kleinst is.
- b Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 4,0 \text{ V}$.
- c Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 8,0 \text{ V}$.



- d Door R_1 gaat een stroomsterkte van 1,2 A. Bereken de spanning over R_1 .
- e Over R_2 staat een spanning van 25 V. Bereken de stroomsterkte door R_2 .

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

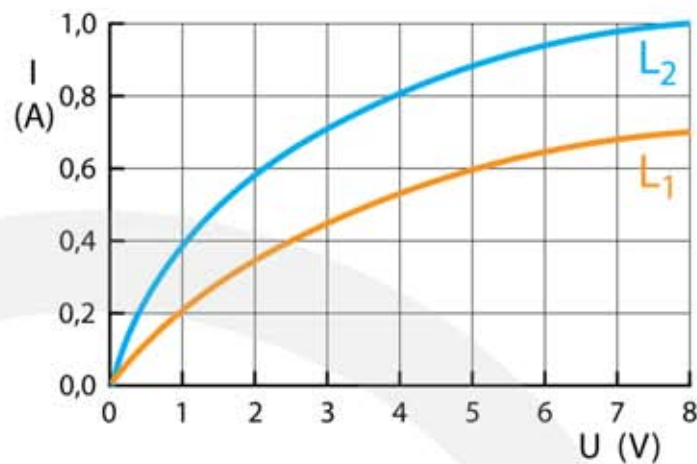
- a Leg uit of de weerstand van de lamp aan de wet van Ohm voldoet.
- b Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 1,0 \text{ V}$.
- c Bepaal de waarde van de weerstand bij $U = 5,0 \text{ V}$.



- d Leg uit hoe je aan de (I, U)-grafiek kunt zien of de weerstand toeneemt of afneemt.
- e Waarom verandert de weerstand als er meer stroom doorheen gaat?

7*** In de figuur zie je het (I, U)-diagram van twee lampen L₁ en L₂. De lampen krijgen een spanning van 6,0 V.

- a Aan de grafieken kun je zien dat L₁ de grootste weerstand heeft. Leg uit waaraan je dit kunt zien.
- b Bepaal de stroomsterkte door L₁ en door L₂ (aflezen).



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

- c Wie heeft er gelijk: Chiara, Peter of geen van beiden?

De lampen L₁ en L₂ 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***
 - a Zoek de soortelijke weerstand op van aluminium en van koper.
 - b Leg uit welk materiaal de beste geleider is, aluminium of koper.

9* De soortelijke weerstand van ijzer is $105 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$. Demi vergelijkt twee ijzerdraden, de ene draad is 2 meter lang en de andere draad 3 meter. Demi beweert dat de soortelijke weerstand van de 3 meter lange ijzerdraad groter is dan die van de 2 meter lange ijzerdraad.

- a Ben je het met Demi eens?

10*** 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

- 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.

De stroomsterkte door de kabel is 200 A.

d Bereken de spanning over de kabel.

11*** Opgerold 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. De temperatuur van de lamp is bij deze lage spanning nog niet gestegen.

- 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.



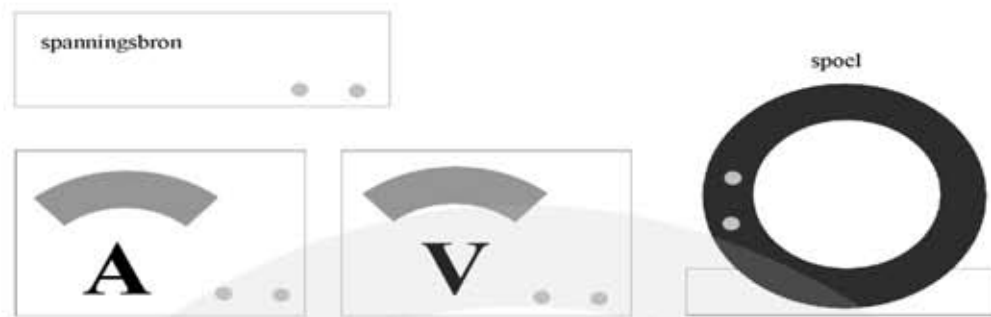
12*** Opgerold in een gloeilamp zit een dun draadje gemaakt van wolfram. Als de lamp op een spanning van 2,0 V is aangesloten is de stroomsterkte 200 mA. Verhoog je de spanning naar 10 volt dan wordt de soortelijke weerstand van wolfram twee keer zo groot.

- 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.

13*** **Spoel van koperdraad**

Tjerk en Sterre 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 onderstaande figuur de verbindingssnoeren zodat een schakeling ontstaat om de weerstand van de draad te bepalen.



Ze lezen de meters af:

– spanningsmeter: 0,46 V

– stroommeter: 0,18 A

Verder meten ze de diameter van de koperdraad: 1,2 mm.

b Bereken de lengte van de koperdraad.

14+ Gloeilamp

Een gloeilamp heeft bij 230 V een vermogen van 60 W. De gloeidraad in de lamp gemaakt is van wolfram. De weerstand bij kamertemperatuur, gemeten met een ohm-meter, is 70 Ω.

Van een andere identieke lamp is de lengte van de gloeidraad gemeten door eerst het glas kapot te slaan en dan voorzichtig de gloeidraad langs een liniaal te leggen. De lengte van de draad is 45 cm.

a Bereken de diameter van de draad.

Om de temperatuur van een brandende lamp te bepalen, gebruikt Helma een grootte die we de weerstandstemperatuurcoëfficiënt α noemen. Dit is een grootte die aangeeft hoeveel de weerstand per graad temperatuurstijging verandert. Neem aan dat de weerstandstemperatuurcoëfficiënt over het te meten gebied constant is. Voor de toename van de weerstand bij een temperatuurverandering ΔT geldt de volgende formule:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \alpha \cdot \Delta T$$

Hierin is:

- ΔR de weerstandstoename (Ω)
- R_0 de beginweerstand (Ω)
- α de weerstandstemperatuurcoëfficiënt (K⁻¹)
- ΔT de temperatuurverandering (K)

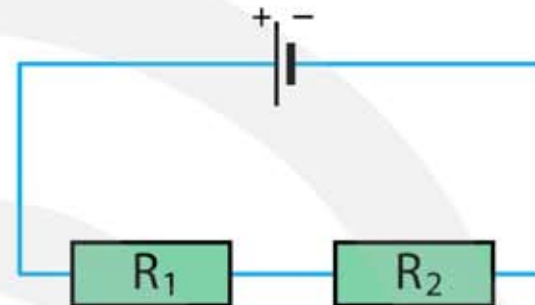
b Bereken de temperatuur van de gloeidraad in de lamp als hij is aangesloten op een spanning van 230 V.

6.5 Serieschakeling en parallelschakeling

Serieschakeling

- 1** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn serie geschakeld.
 $R_1 = 50 \Omega$ | $R_2 = 100 \Omega$ | $U_{\text{bron}} = 6,0 \text{ V}$

- 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.
 $U_{\text{bron}} = 5,0 \text{ V}$ | $I_{\text{bron}} = 40 \text{ mA}$ | $R_1 = 50 \Omega$

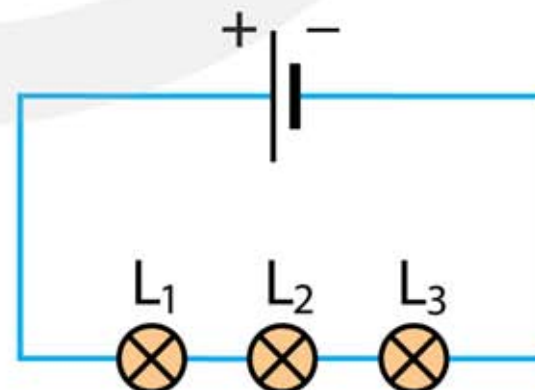
- Bereken de totale weerstand R_{tot} .
- Bereken R_2 .
- Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).

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

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

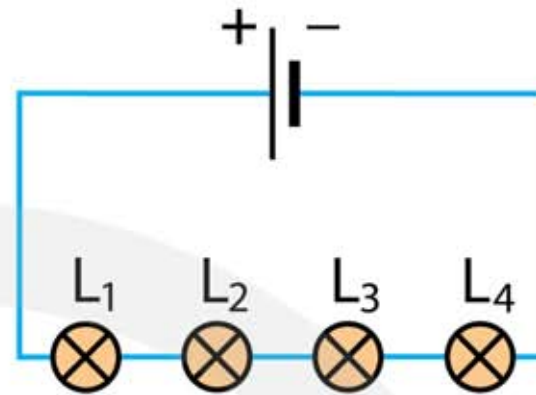
Plotseling gaat lamp 3 kapot.

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

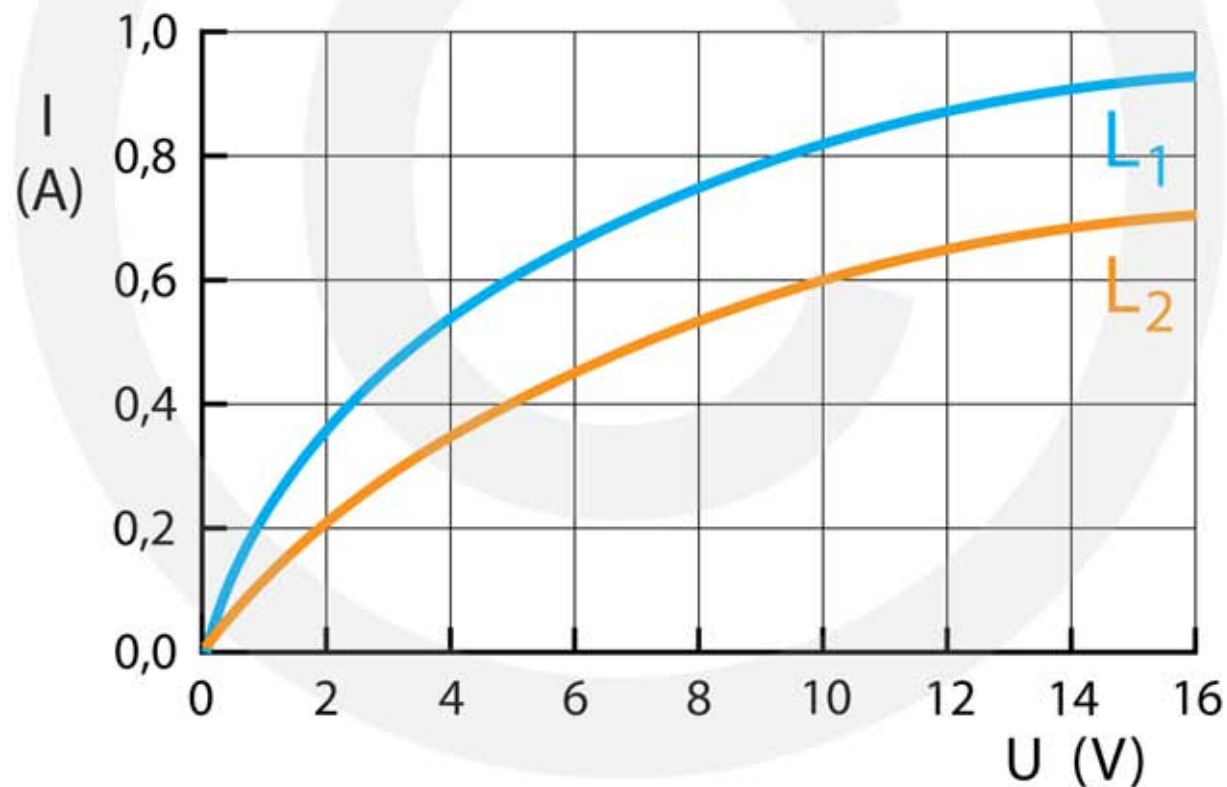


4*** De serieschakeling van drie verschillende lampen L_1 , L_2 en L_3 van de vorige vraag wordt uitgebreid met een vierde lamp L_4 .

- 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.

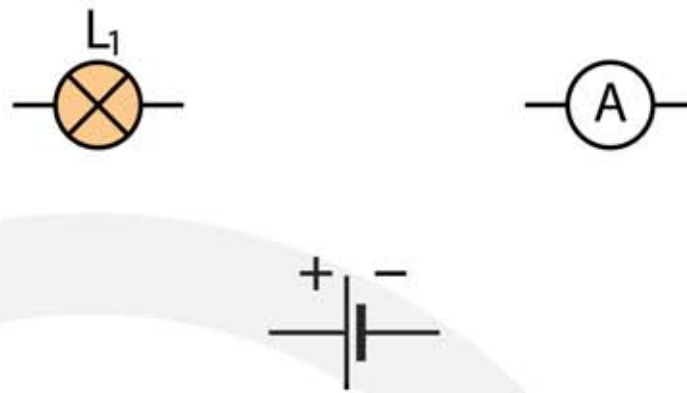


5*** Twee lampen L_1 en L_2 zijn serie geschakeld. De spanningsbron geeft een spanning van 15 V. In de figuur zie je de (I, U)-grafieken van de lampen.



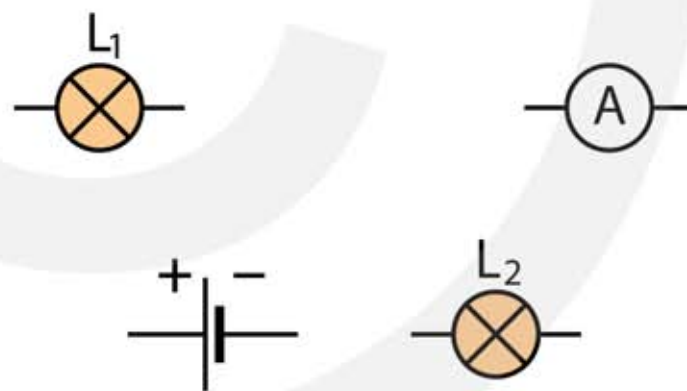
- Hoe groot is de spanning over L_1 en L_2 samen?
- Wat weet je van de stroomsterkte in L_1 en L_2 ?
- Zoek in de figuur de stroomsterkte zodat U_1 en U_2 samen 15 V zijn.
- Bepaal de spanning over L_1 en over L_2 .
- Bereken de weerstand van L_1 en van L_2 als ze op de spanningen van vraag d branden.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

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 in serie. Je wil de weerstand van lampje 1 bepalen.



- b Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.

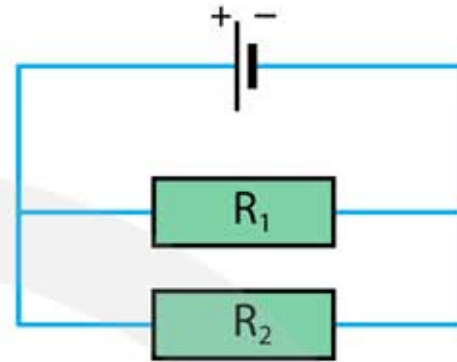
De ampèremeter geeft 0,40 A en de voltmeter geeft 2,0 V.

- c Hoe groot is de weerstand van L_1 ?
 d Hoe groot is de weerstand van L_2 ?
 e Wat is de totale weerstand?

Parallelschakeling

- 7** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld.
 $R_1 = 20 \Omega$ | $R_2 = 30 \Omega$ | $U_{\text{bron}} = 6,0 \text{ V}$

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

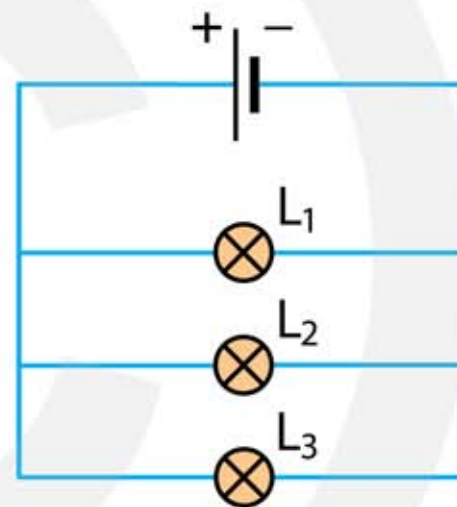


- 8** Drie lampen L_1 , L_2 en L_3 zijn parallel geschakeld.

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

Plotseling gaat lamp 1 kapot.

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

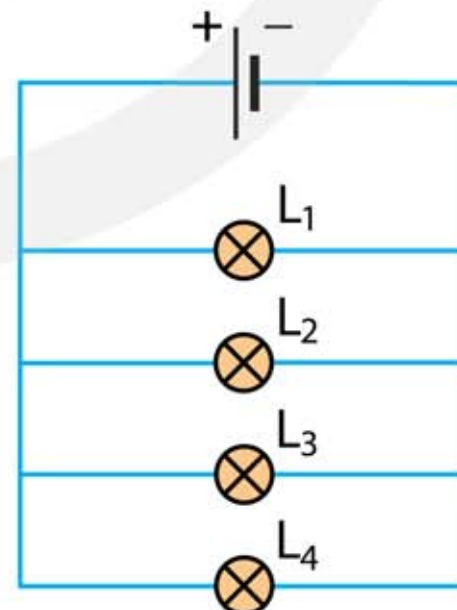


- 9** De parallelschakeling van drie lampen L_1 , L_2 en L_3 van de vorige vraag wordt uitgebreid met een vierde lamp L_4 .

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

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

- Bereken R_2 .



Geleidbaarheid

- 11**** a Bereken de geleidbaarheid.
- $R_1 = 10 \Omega \rightarrow G_1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_2 = 25 \text{ m}\Omega \rightarrow G_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_3 = 40 \text{ k}\Omega \rightarrow G_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

- b Bereken de weerstand.
- $G_1 = 1,25 \text{ S} \rightarrow R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $G_2 = 8,0 \text{ mS} \rightarrow R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $G_3 = 4,0 \text{ kS} \rightarrow R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

- 12**** Drie weerstanden zijn parallel geschakeld. $R_1 = 10 \Omega \mid R_2 = 20 \Omega \mid R_3 = 30 \Omega$.

- a Bereken de totale weerstand.
b Bereken de totale geleidbaarheid.

- 13***** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld. $R_1 = 24 \Omega$. De totale weerstand is $R_{\text{tot}} = 12 \Omega$.

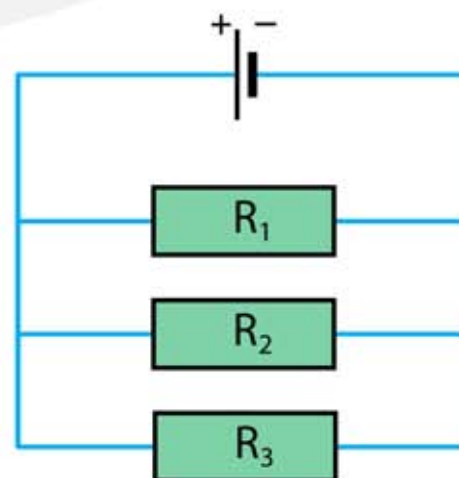
- a Bereken de geleidbaarheid van R_2 .
b Bereken R_2 .

Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld. $R_1 = 12 \Omega$. De totale weerstand is $R_{\text{tot}} = 10 \Omega$.

- c Bereken de geleidbaarheid van R_2 .
d Bereken R_2 .

- 14***** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 zijn parallel geschakeld. De weerstanden zijn allemaal even groot. De totale weerstand is $R_{\text{tot}} = 12 \Omega$.

- a Bereken de geleidbaarheid G_1 , G_2 en G_3 .
b Bereken de weerstand $R_1 = R_2 = R_3$.



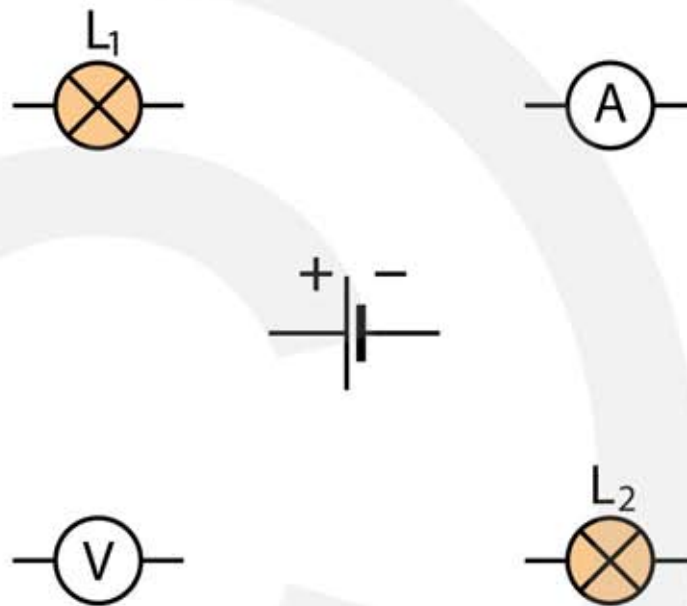
Drie andere weerstanden R_1 , R_2 en R_3 zijn parallel geschakeld. Nu zijn ze niet gelijk aan elkaar: $R_1 = 10 \Omega$ | $R_2 = 20 \Omega$. De totale weerstand is: $R_{\text{tot}} = 6,0 \Omega$.

c Bereken de geleidbaarheid G_3 .

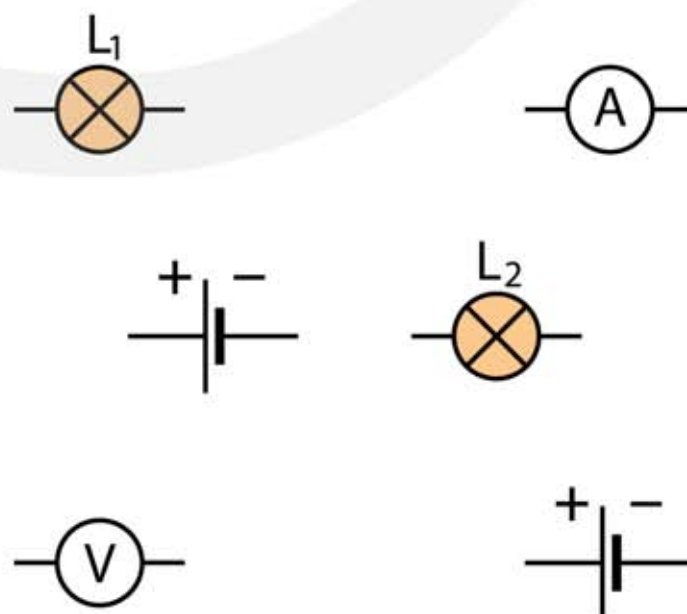
d Bereken R_3 .

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



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.

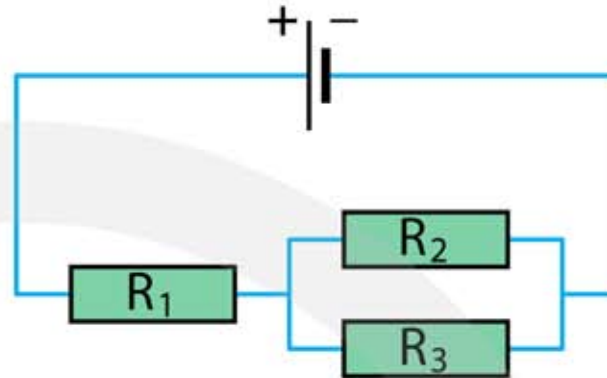


b Teken de verbindingsdraden die je hierbij nodig hebt.

Gemengde schakeling

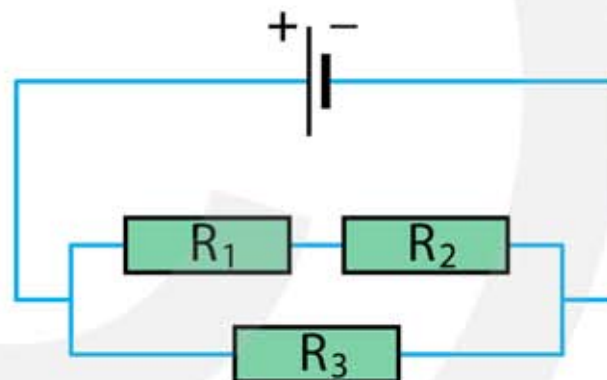
- 16***** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling.
 $U_{\text{bron}} = 18 \text{ V}$ | $R_1 = 60 \Omega$ | $R_2 = 50 \Omega$
 $R_3 = 75 \Omega$.

- 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 .



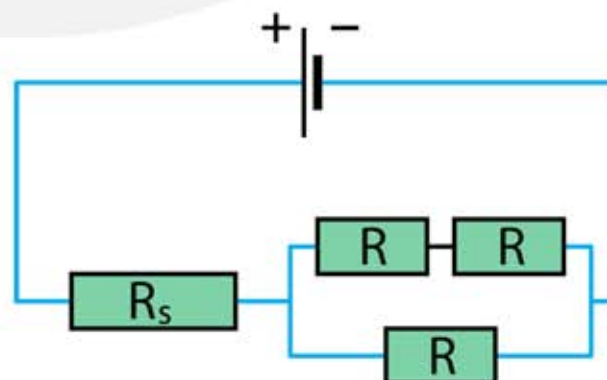
- 17***** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling.
 $U_{\text{bron}} = 18 \text{ V}$ | $R_1 = 40 \Omega$ |
 $R_2 = 60 \Omega$ | $R_3 = 200 \Omega$.

- 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 .



- 18***** Weerstand R_s en drie weerstanden R vormen een gemengde schakeling.
 $U_{\text{bron}} = 24 \text{ V}$ | $I_{\text{bron}} = 60 \text{ mA}$ |
 $R_s = 100 \Omega$

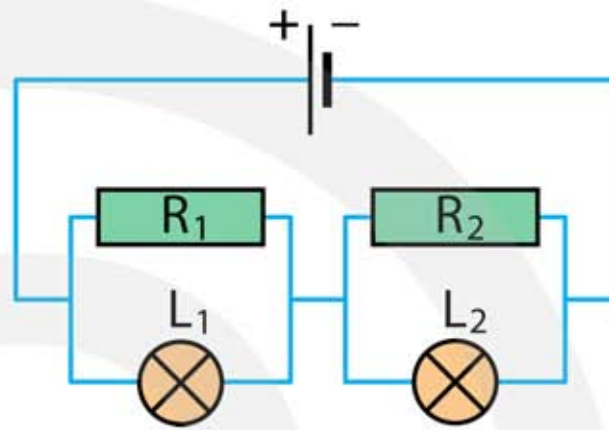
- Bereken R . **HINT** bereken eerst R_{tot}
- Bereken de spanning over R_s .
- Bereken de spanning over het paralleldeel.



- d Bereken de stroomsterkte door de onderste tak van het paralleldeel.
- c Bereken de stroomsterkte door de bovenste tak van het paralleldeel.

19**** Weestanden R_1 en R_2 en lampen L_1 en L_2 zijn opgenomen in een gemengde schakeling. Zie figuur.
 $U = 30 \text{ V}$ | $R_1 = 40 \Omega$ | $R_2 = 60 \Omega$
 $L_1 = 15 \Omega$ | $L_2 = 25 \Omega$.

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



6.6 Elektrische energie

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

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



2** Een broodrooster die op het lichtnet ($U = 230\text{ V}$) is aangesloten zet in een uur $3,0 \cdot 10^6\text{ J}$ energie om.

- a Hoeveel lading gaat er in een uur door de broodrooster?
- b Hoe groot is de stroomsterkte door de broodrooster?
- c Wat is het vermogen van 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 4000 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 Ω 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 62Ω .

- a Hoeveel vermogen heeft de broodrooster?
HINT bereken eerst de stroomsterkte

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.



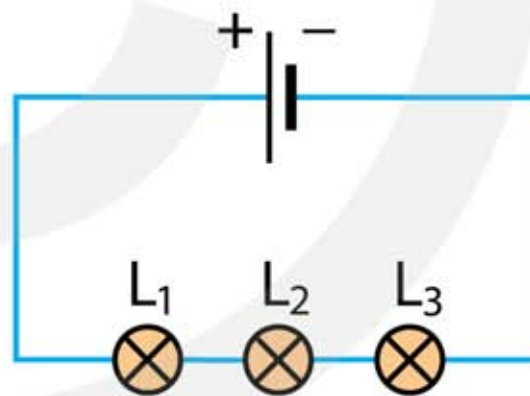
9*** Een zonnecentrale heeft een vermogen van 200 MW en een jaarlijkse energieproductie van 700 GWh.

- 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? Wordt de felheid van L_1 en L_2 groter, kleiner of blijft de felheid gelijk?
- 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.

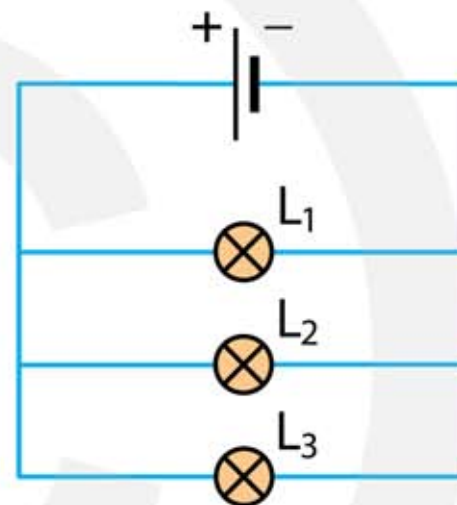
- a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?
- b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?

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 in 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.

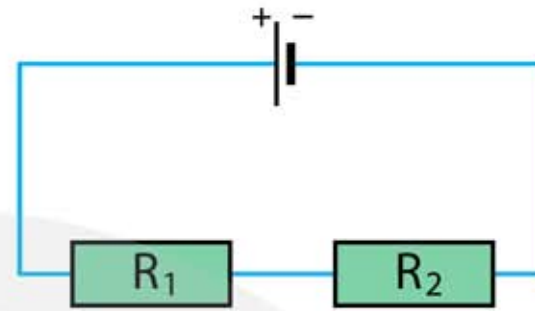


13*** Een parallelschakeling van twee lampen L_1 en L_2 wordt uitgebreid met een derde lamp L_3 . De felheid waarmee een lamp brandt wordt bepaald door het vermogen. Hoe groter het vermogen is hoe feller de lamp brandt.

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

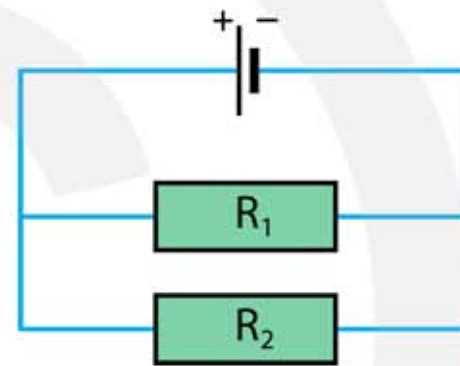
14*** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn serie geschakeld. $U_{bron} = 12 \text{ V}$ | $R_1 = 50 \Omega$
Het vermogen van R_1 is 80 mW .

- Bereken de stroom I_{bron} door het circuit.
- Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- Bereken de spanning over R_2 ($=U_2$).
- Bereken R_2



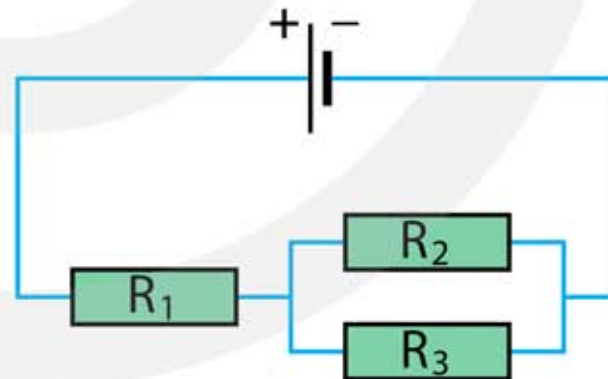
15*** Twee weerstanden R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld. $I_{bron} = 260 \text{ mA}$ | $R_1 = 50 \Omega$.
Het vermogen van R_1 is 180 mW .

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

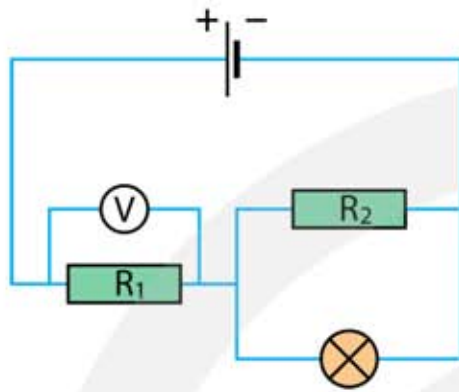


16*** Drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 vormen een gemengde schakeling. $U_{bron} = 20 \text{ V}$ | $R_1 = 3,0 \Omega$ | $R_2 = 10 \Omega$
Het vermogen van R_2 is $19,6 \text{ W}$.

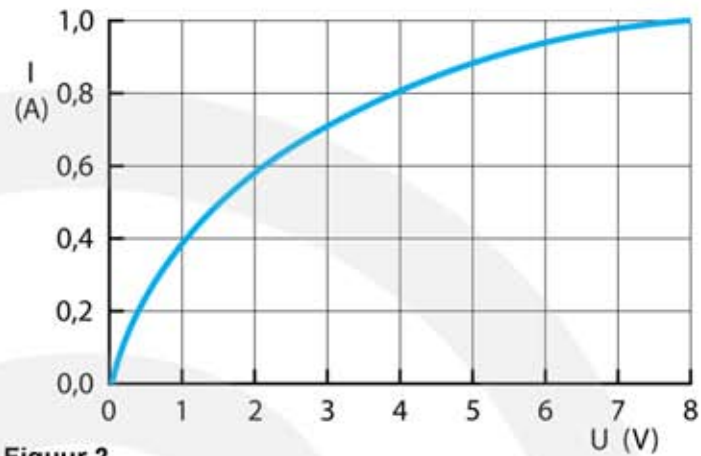
- Bereken de spanning over R_2 .
- Bereken de spanning over R_1 .
- Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.
- Bereken de stroomsterkte door R_3 .
HINT bereken eerst de stroomsterkte door R_2
- Bereken R_3 .



- 17**** Een lampje 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 het lampje.



Figuur 1



Figuur 2

- Bereken R_1 .
- Bereken het vermogen van het lampje.

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

- 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 $1,5 \text{ W}$.

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

Rendement

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

- a Bereken het vermogen van de zonnecel.
- b Bereken het rendement van de zonnecel.



20*** Het vermogen van de elektromotor in een hijskraan is $6,0 \text{ kW}$. De elektromotor werkt op een spanning van 400 V . Het rendement van de elektromotor is 75% .

- a Bereken de stroomsterkte in de elektromotor.
HINT bereken eerst het opgenomen vermogen P_{in}

Om een last van 1000 kg over $5,0 \text{ m}$ omhoog te tillen is 49.050 J nodig.

- b Hoeveel tijd heeft de hijskraan hiervoor nodig?



21*** 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 spaarlamp 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 $\text{€ } 0,20$.

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



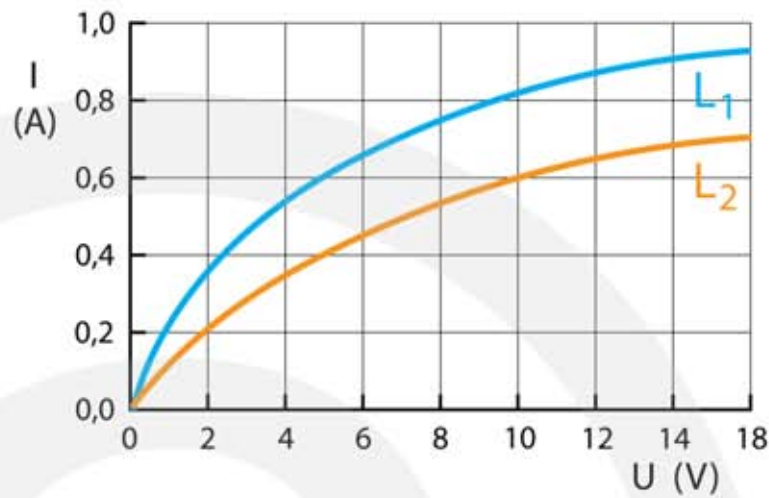
- 22*** Twee lampen L_1 en L_2 staan serie geschakeld. De spanningsbron geeft een spanning van 15 V. In de figuur zie je de (I, U)-grafieken van deze lampen.

De stroomsterkte door de lampen is 0,60 A.

- a Bepaal het vermogen van L_1 en van L_2 .
b Bepaal het vermogen dat de spanningsbron levert.

De lampen hebben een rendement van 35 %.

- c Hoeveel lichtenergie produceert L_1 in één uur?



- 23*** 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

- 24*** Een oplaadbare AAA batterij heeft een capaciteit van 700 mAh. Hiermee wordt bedoeld dat als de batterij 700 mA stroomsterkte levert hij na één uur leeg is. Geeft de batterij twee keer zoveel stroom (1,4 A) dan is hij twee keer zo snel leeg ($\frac{1}{2}$ uur) en bij drie keer zoveel stroom (2,1 A) is de batterij al na $\frac{1}{3}$ uur leeg, etc. De batterij geeft een spanning van 1,2 V en kost €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 te leveren?

Een niet oplaadbare AAA batterij heeft een capaciteit van 1500 mAh, geeft een spanning van 1,5 V en kost €0,80 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 €0,20.

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

25*** De accu's voor een elektromotor kunnen een maximaal vermogen leveren van 42 kW. Een acculader laadt deze accu's 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 12,0 A af. De elektrische energie die de accu's kunnen leveren bedraagt 75% van de energie die de acculader uit het net heeft afgenomen.

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

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

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?



27*** Een elektrische fiets heeft een Li-ion accu met een spanning van 36 V en 496 Wh elektrische energie.

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?

De accu weegt 3,2 kg.

c Hoe groot is de energiedichtheid in Wh/kg?

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

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

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

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



28*** Een elektrische auto heeft accu's waarin 55 kWh kan worden opgeslagen. Het gemiddelde energieverbruik van de auto is 0,17 kWh/km. De actieradius van een elektrische auto is de afstand die hij met volle accu's 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 (veel) meer energie dan gemiddeld. Het rendement van de elektromotoren van de auto bij topsnelheid is 79%.

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

c Bereken de actieradius van de auto bij topsnelheid.

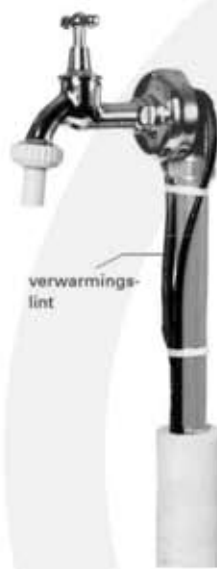


6.7 en 6.8 geen opgaven

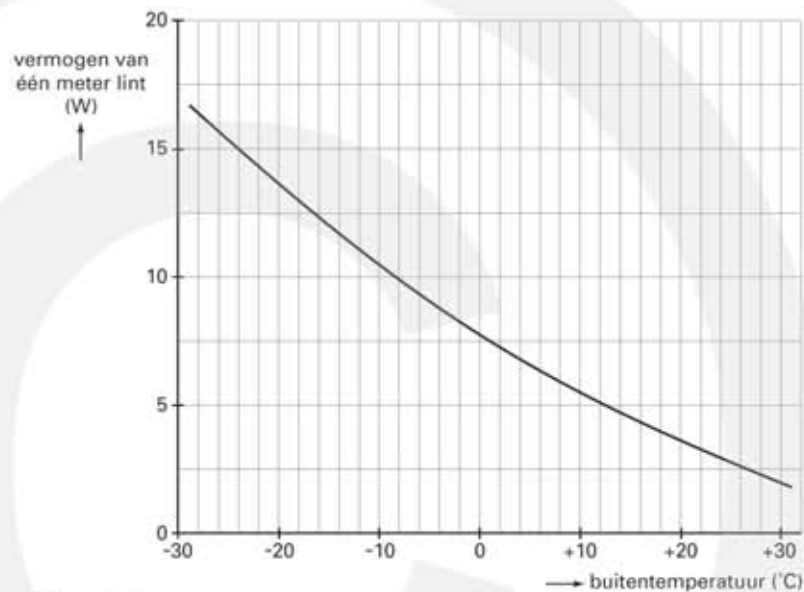
Examenvragen havo

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.

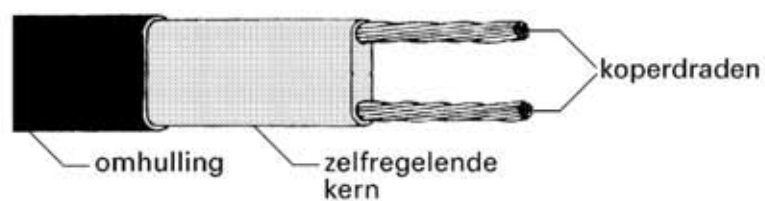
- 2p **a** Leg met behulp van figuur 2 uit waarom dit aan te bevelen is.

De spanning van het lichtnet is 230 V.

- 4p **b** 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):

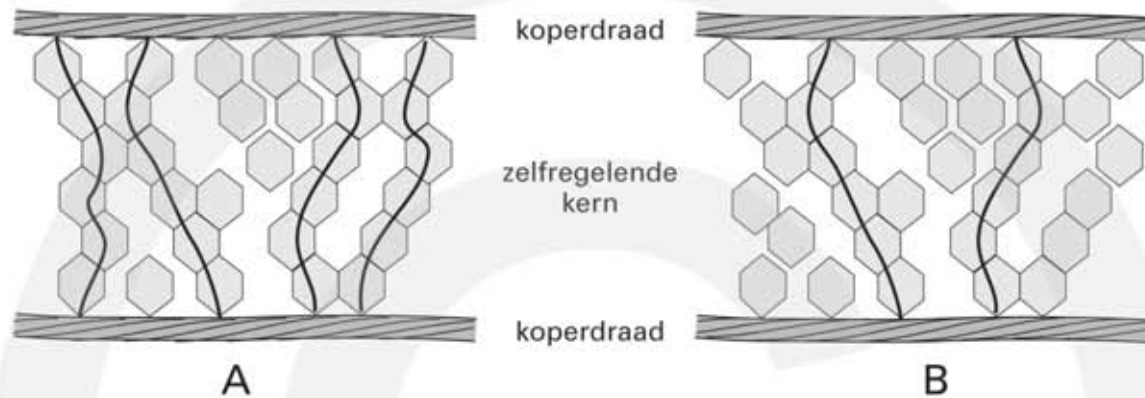
- twee koperdraden;
- een zogenoemde zelfregelende kern die de enige verbinding vormt tussen deze twee draden;
- een omhulling voor de elektrische isolatie.



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.



Figuur 4

In figuur 4 zijn twee situaties weergegeven.

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

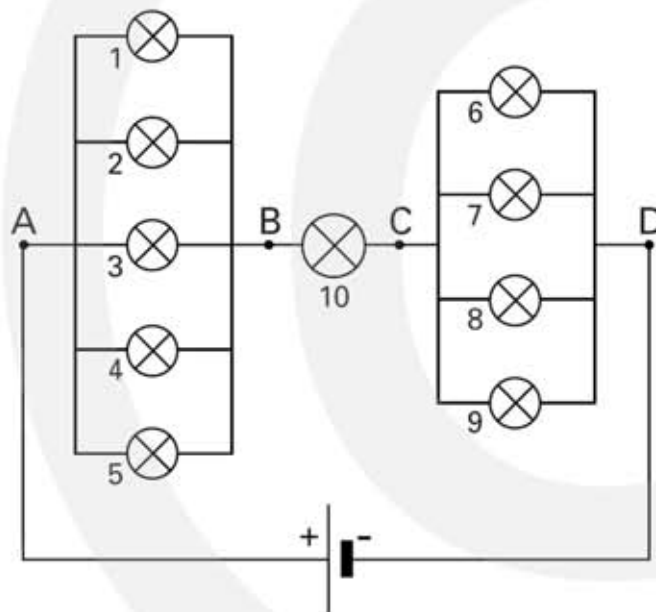
Voor een langere waterleiding is een langer verwarmingslint nodig.

- 3p **d** Leg uit of de weerstand van een verwarmingslint met een lengte van 2 meter groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de weerstand van een lint met een lengte van 1 meter. Neem daarbij aan dat de temperatuur van beide linten gelijk is.

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 metaal-draad, 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 vastgeklikt 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.



Figuur 2

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

$$U_{AB} = 3,0 \text{ V}$$

$$U_{BC} = 1,5 \text{ V}$$

$$U_{CD} = 4,0 \text{ V}$$

- 2p a 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.



Figuur 1

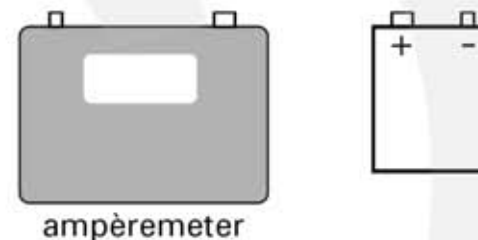
- 2p **b** Teken in figuur 3 de verbindingsdraden die nodig zijn om deze stroomsterkte te meten.

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

- 3p **c** Bereken bij deze stroomsterkte het elektrisch vermogen van lampje 10.
- 4p **d** Leg uit of de weerstand van lampje 1 groter of kleiner is dan de weerstand van lampje 10. Vergelijk daartoe de stroomsterkte door deze lampjes en de spanning over deze lampjes.

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 **e** Leg uit of lampje 10 nu feller of minder fel brandt.



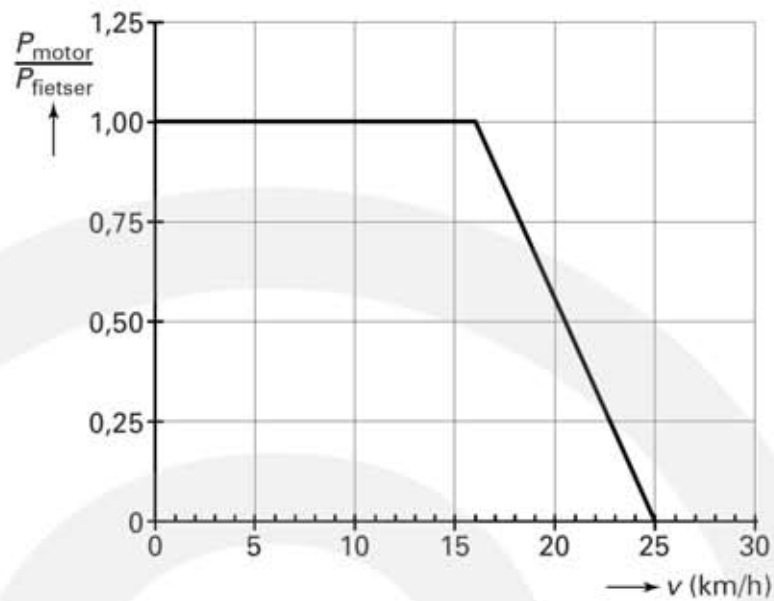
Figuur 3

Fiets met pedaalbekrachtiging (aangepast)

Lees eerst het artikel.

Een Frans bedrijf heeft een fiets met pedaal-bekrachtiging op de markt gebracht. In de fiets wordt een speciale techniek toegepast. De elektromotor van deze fiets werkt alleen als de berijder daar iets tegenoverstelt: spierkracht. Zodra de pedalen beginnen rond te draaien, wordt dit geregistreerd door een sensor die de informatie doorgeeft aan een computertje. Deze geeft vervolgens opdrachten aan de elektromotor, die afhankelijk van de snelheid en omstandigheden (wind, helling, soort wegdek) meer of minder vermogen levert. Tot een snelheid van 16 km/h levert de motor een even groot vermogen als de fietser. In de grafiek (figuur 1) is te zien hoe de verhouding tussen de vermogens van de motor en de fietser vanaf 16 km/h verandert. Bij een bepaalde snelheid levert de motor helemaal geen vermogen meer, maar moet de fietser geheel op eigen kracht fietsen.

naar: Technisch Weekblad, oktober 1995



Figuur 1

In het artikel staat dat de motor tot een snelheid van 16 km/h een even groot vermogen levert als de fietser.

- 2p **a** Leg uit hoe dit uit de figuur 1 blijkt.

Iemand fietst met 16 km/h op een vlakke weg bij windstil weer. De motor levert dan een vermogen van 28 W.

- 4p **b** Bereken hoe groot de totale wrijvingskracht op de fiets is bij deze snelheid.

In de fiets zit een accu die in totaal een hoeveelheid energie van 0,32 kWh aan de elektromotor kan leveren. Het rendement van de elektromotor is 54%. De omstandigheden zijn hetzelfde.

- 4p **c** Bereken de afstand die de fietser kan afleggen bij een snelheid van 16 km/h tot de accu leeg is.

Op een gegeven moment rijdt de fietser met een constante snelheid van 25 km/h, nog steeds onder dezelfde omstandigheden. Hieronder staan vier beweringen. Het vermogen dat de fietser dan levert, is:

- a gelijk aan 28 W;
- b groter dan 28 W maar kleiner dan 56 W;
- c gelijk aan 56 W;
- d groter dan 56 W.

- 3p **d** Leg uit welke bewering, a, b, c of d, juist is.

De accu kan aan het stopcontact in 4,5 uur worden opgeladen. Veronderstel dat in die tijd $1,15 \cdot 10^6$ J aan de accu is toegevoerd. De netspanning is 230 V.

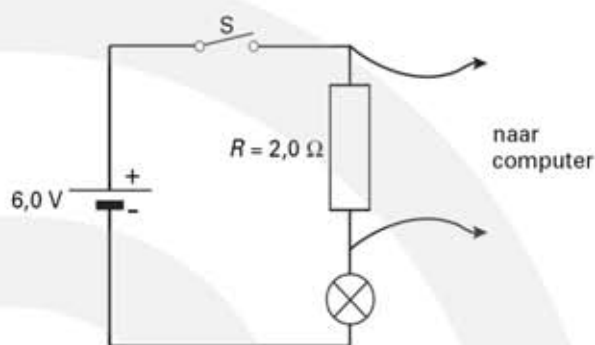
- 4p **e** Bereken de stroomsterkte die het lichtnet levert tijdens het opladen.

In een reclamefolder beweert de producent dat deze fiets met elektromotor milieuvriendelijk is.

- 2p **f** Noem één argument dat deze uitspraak ondersteunt en noem één argument dat je tegen deze uitspraak kunt inbrengen.

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.

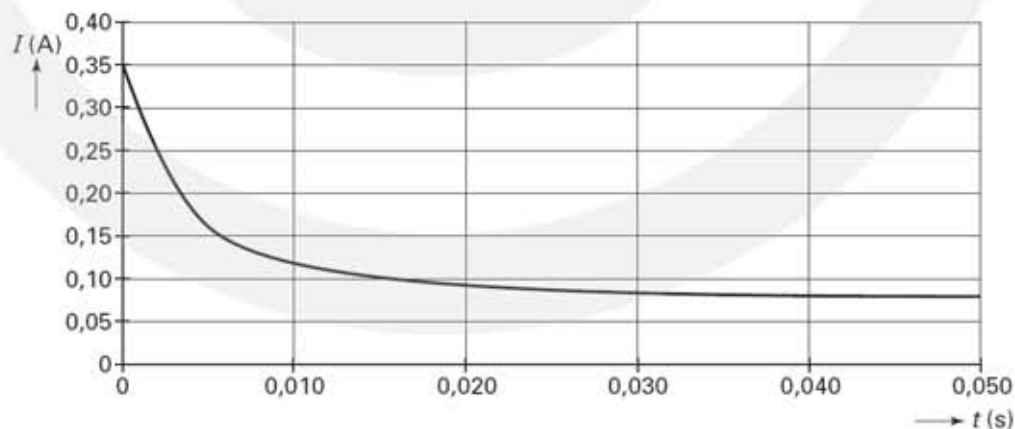


Figuur 1

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 **a** 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.



Figuur 2

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

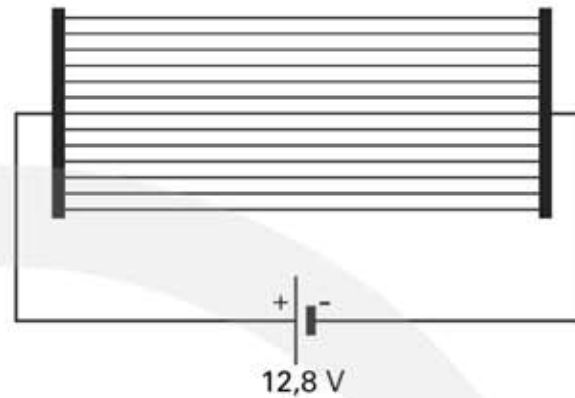
Uit de grafiek blijkt dat direct na het inschakelen de stroomsterkte afneemt.

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

- 4p **d** 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.



Figuur 1

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.

- 3p **a** Bereken hoe lang het minimaal duurt om dit ijs te smelten.
- 2p **b** 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 **c** Toon aan dat de weerstand van één verwarmingsdraad $11,8 \Omega$ is.

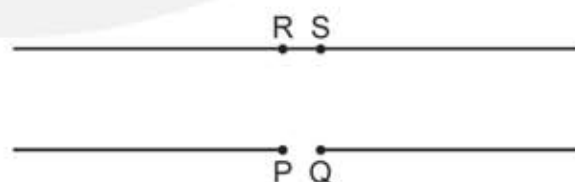
Elke draad is 1,1 m lang; de doorsnede heeft een oppervlakte van $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$. Volgens opgave van de fabrikant zijn de verwarmingsdraden van constantaan gemaakt.

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

Eén van de verwarmingsdraden is doorgebrand.

- 2p **e** Leg uit of de stroom die de accu dan aan de achterrautverwarming levert kleiner of groter is dan ervoor of even groot blijft.

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

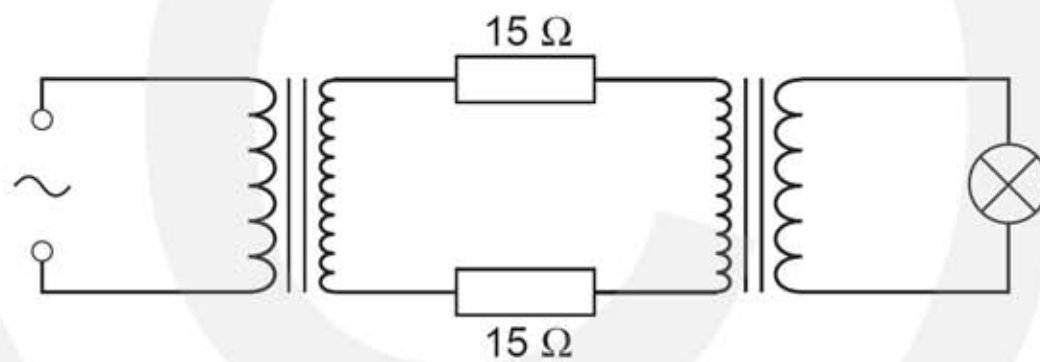
Hiernaast staat een tabel.

- 3p f Wat kun je zeggen van de spanning tussen de punten P en Q en van de spanning tussen de punten R en S? Zet daartoe in de tabel op de juiste plaatsen een kruisje. Leg je antwoord uit.

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

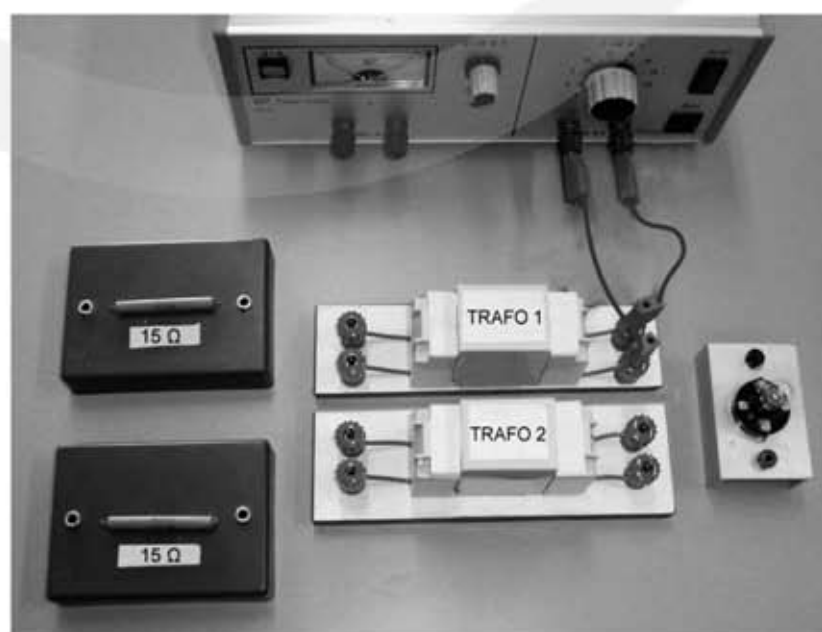
Transport van elektrische energie

Jill probeert op school het transport van elektrische energie na te bootsen. Zij gebruikt daarvoor een wisselspanningbron, twee identieke transformatoren, twee weerstanden van $15\ \Omega$, een fietslampje en een aantal snoertjes. In figuur 1 is de schakeling die zij maakt schematisch getekend.



Figuur 1

Figuur 2 is een foto van de onderdelen van haar schakeling. De wisselspanningbron is al op de eerste transformator aangesloten.



Figuur 2

- 3p **a** Teken in figuur 2 de overige verbindingsdraden zodat de schakeling van figuur 1 ontstaat.

In de schakeling van Jill stelt een weerstand van 15Ω een hoogspanningskabel voor. Een echte hoogspanningskabel heeft een diameter (dikte) van 2,5 cm en is gemaakt van aluminium.

- 4p **b** Bereken de lengte, in km, van zo'n hoogspanningskabel met een weerstand van 15Ω .

Als materiaal voor hoogspanningskabels heeft men gekozen voor aluminium en niet voor koper. Een reden daarvoor is dat aluminium goedkoper is dan koper. Als de materiaaleigenschappen van aluminium en koper met elkaar worden vergeleken, heeft aluminium zowel voordelen als nadelen.

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

Het verlies aan vermogen in een hoogspanningskabel is te berekenen met de formule:

$$P_{\text{verlies}} = I^2 \cdot R$$

- I is de stroomsterkte in de kabel
- R is de weerstand van de kabel

- 2p **d** Leg uit wat het voordeel is van hoogspanning bij energietransport.

Bij een zogenoemde ideale transformator gaat geen energie verloren in de transformator zelf. Jill wil controleren of de transformatoren die ze gebruikt ideaal genoemd kunnen worden.

Daarvoor meet ze in haar schakeling:

- de spanning tussen de polen van de spanningsbron: $U_{\text{bron}} = 6,7 \text{ V}$
- de stroomsterkte die de spanningsbron levert: $I_{\text{bron}} = 0,55 \text{ A}$
- de stroomsterkte door de weerstanden van 15Ω : $I = 30 \text{ mA}$
- de spanning over het lampje: $U_{\text{lamp}} = 3,2 \text{ V}$
- de stroomsterkte door het lampje: $I_{\text{lamp}} = 0,33 \text{ A}$

- 4p **e** Controleer met een berekening of de gebruikte transformatoren ideaal zijn.

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

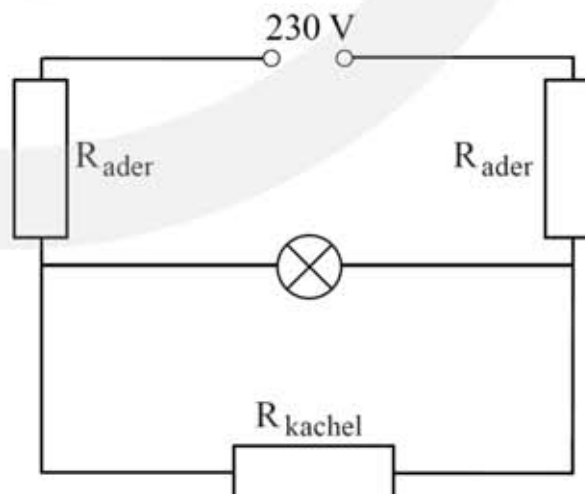
- 2p **a** Bereken de stroomsterkte die maximaal door deze kabel mag gaan als hij afgerold is.
- 2p **b** Leg uit waarom op de opgerolde kabel veel minder vermogen mag worden aangesloten dan op de afgerolde kabel.

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

- 4p **c** 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 **d** Leg uit waarom. Bespreek daartoe achtereenvolgens hoe door het aansluiten van de straalkachel de volgende grootheden veranderen:
- de vervangingsweerstand,
 - de stroomsterkte door de aders van de kabel,
 - de spanning over de aders van de kabel,
 - de spanning over de lamp.



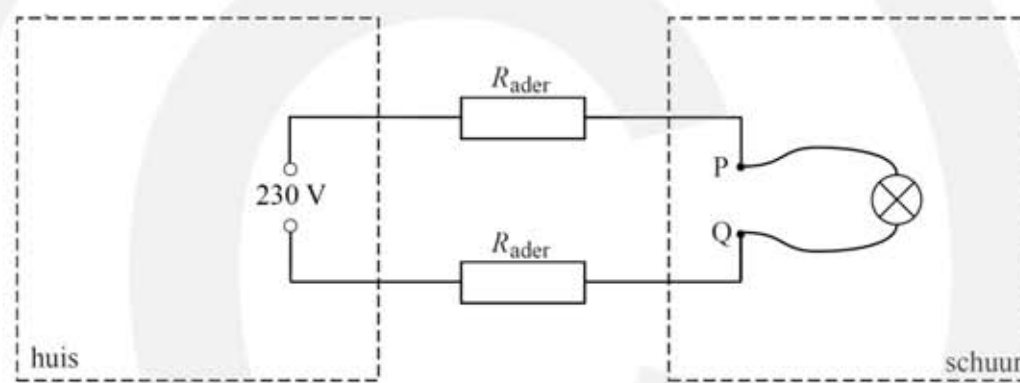
Figuur 2

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.

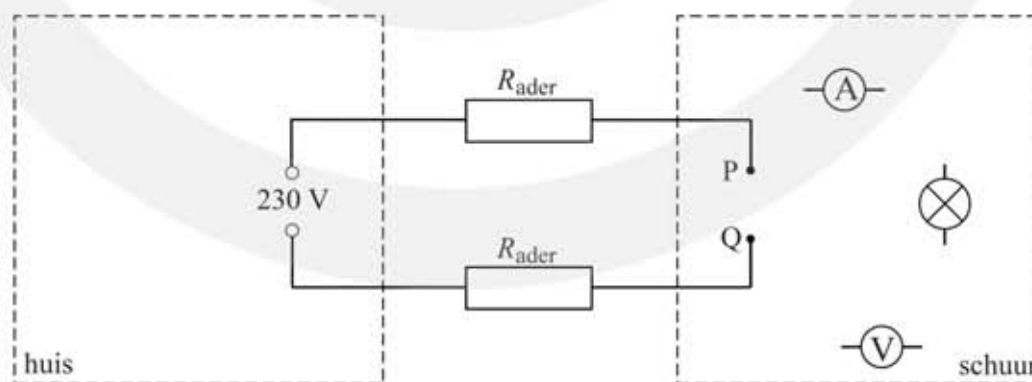
Nico wil dit verschijnsel begrijpen. Hij besluit om de spanning tussen de polen van het stopcontact te meten als functie van de stroomsterkte die het lichtnet levert.

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.

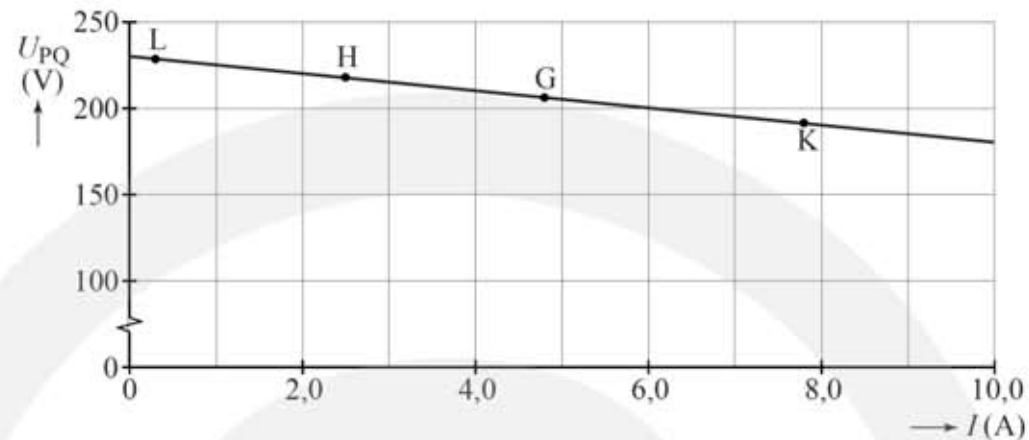


Figuur 2

- 3p a Teken in figuur 2 de noodzakelijke verbindingsdraden.

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 **b** 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 **c** Bereken de weerstand van één ader. Bepaal daartoe eerst met behulp van de grafiek de spanning over elk van de aders bij een stroomsterkte van 10 A.

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 **d** 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.

In figuur 2 zijn de batterijen en de lampjes schematisch getekend.

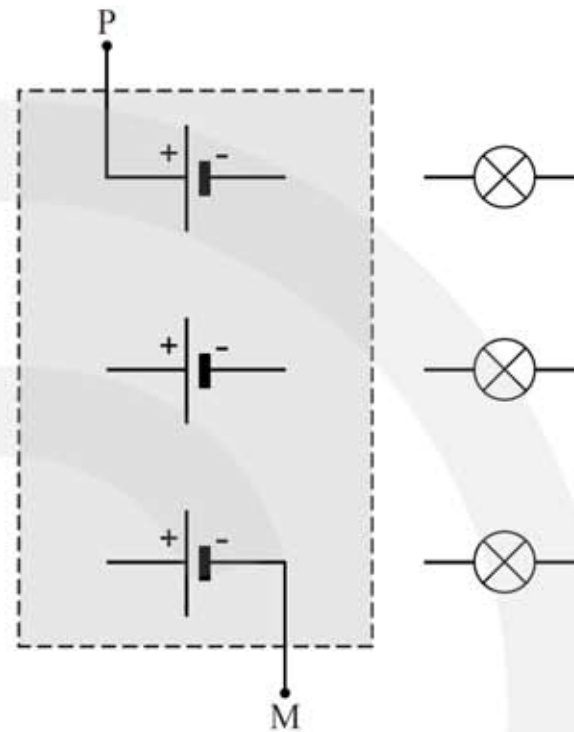


Figuur 1

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 **a** Teken in figuur 2 de verbindingsdraden tussen de batterijen.
- 2p **b** Teken in figuur 2 hoe de drie lampjes op de punten P en M van de spanningsbron zijn aangesloten.

Figuur 2



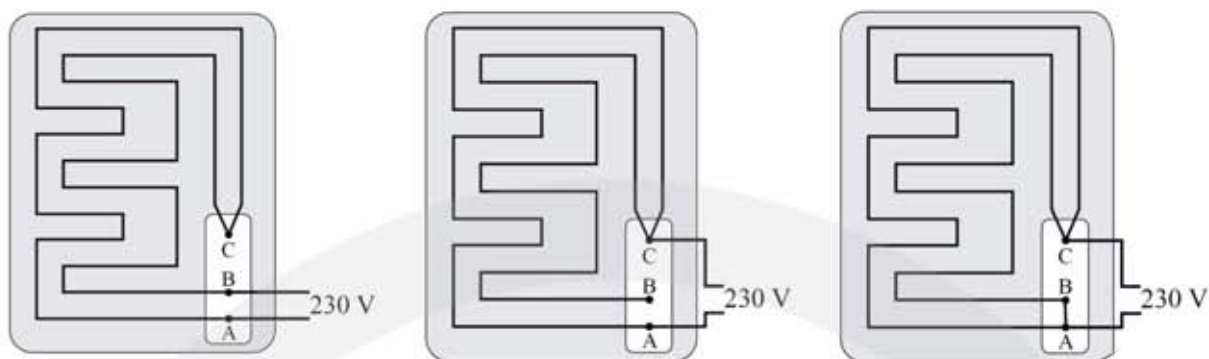
Met volle batterijen kan de spanningsbron 50 kJ elektrische energie leveren. Als de drie lampjes branden, levert de spanningsbron een stroom van 28 mA.

- 4p **c** Bereken hoeveel uur de koplamp kan branden.
Eén van de lampjes gaat kapot.
- 2p **d** 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 **a** Leg dit uit met behulp van figuur 1.

3p **b** 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 **c** 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 **d** 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.

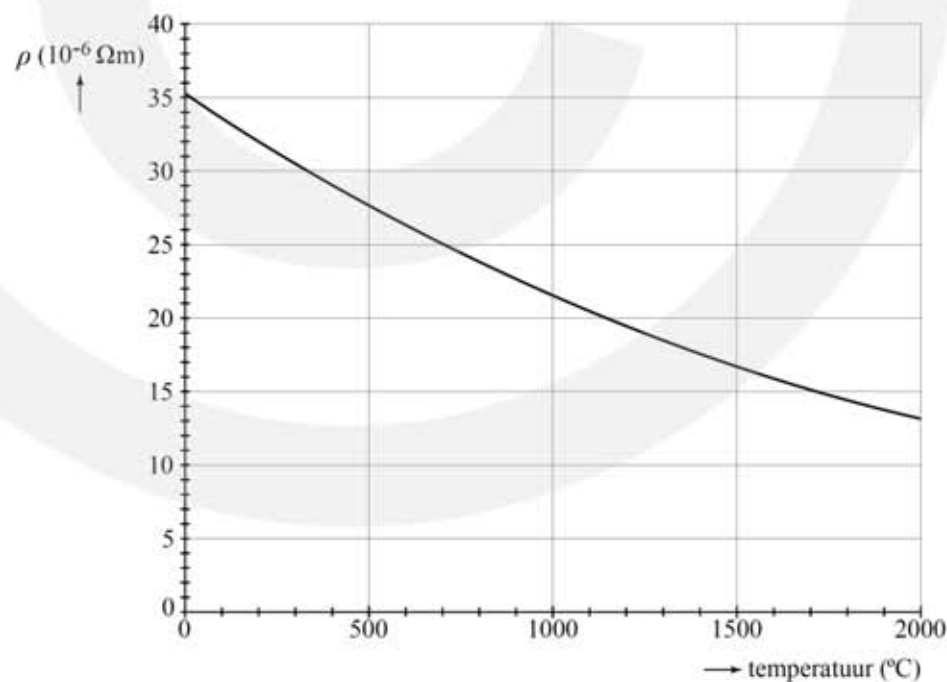
Je mag aannemen dat de lamp al die tijd was aangesloten op een spanning van 110 V en dat zijn elektrisch vermogen steeds 4,0 W is geweest.



Figuur 1

- 4p **a** Bereken de hoeveelheid energie in kWh die deze lamp heeft verbruikt sinds 1901. Maak daartoe eerst een schatting van het totaal aantal uur dat de lamp heeft gebrand.
- 5p **b** 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 **c** 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 (dikte) van de draad is $3,10 \cdot 10^{-5}$ m.

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

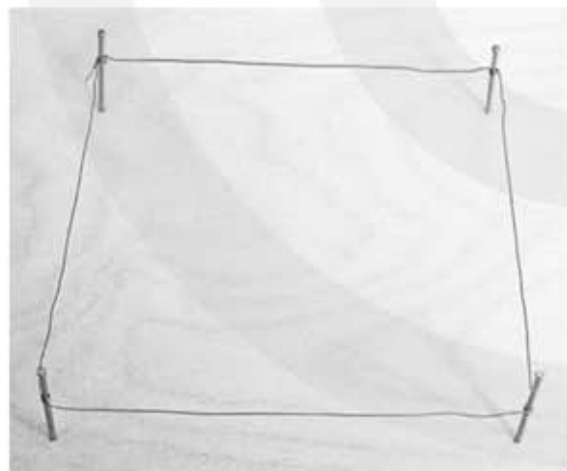
Als men de spanning over een gloeilamp verhoogt, neemt de temperatuur van de gloeidraad toe. De lamp zal dan eerder stuk gaan. Een veel gebruikte vuistregel is: de levensduur van een gloeilamp is omgekeerd evenredig met U^{16} .

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.

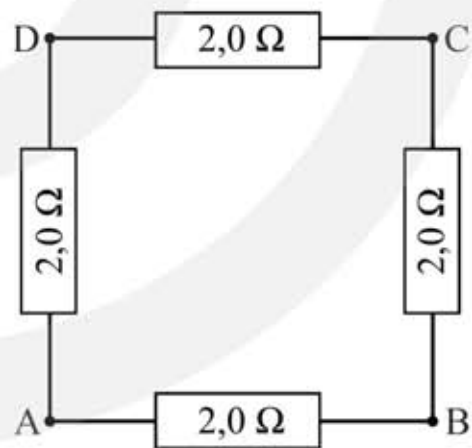
- 2p **e** Bereken de levensduur die de lamp dan zou hebben gehad.

Elektriciteit op een plankje

Op een plankje vormen vier ijzeren spijkers de hoekpunten van een vierkant. Om de spijkers wordt een metalen draad gespannen. Zie figuur 1. Een zijde van het vierkant is 13,8 cm lang en heeft een weerstand van $2,0 \Omega$. In figuur 2 is de situatie schematisch weergegeven. De spijkers zijn met de letters A, B, C en D aangeduid.



Figuur 1

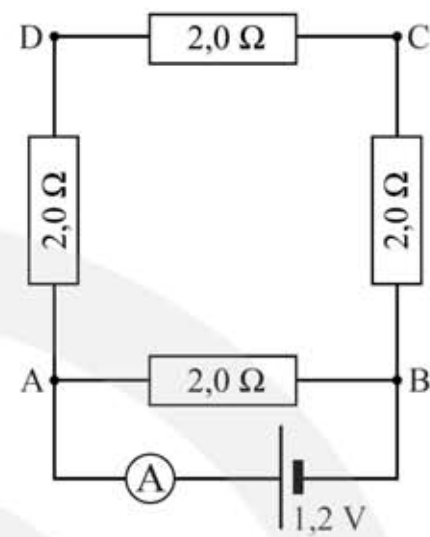


Figuur 2

De oppervlakte van de doorsnede van de draad is $3,1 \cdot 10^{-2}$ mm².

- 4p **a** Toon met een berekening aan dat de draad van constantaan is.

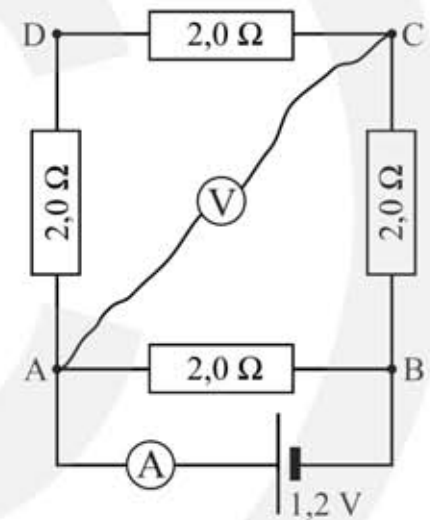
Paul sluit op de spijkers A en B een batterij aan met een spanning van 1,2 V en een stroommeter. De schakeling die dan ontstaat, is in figuur 3 schematisch weergegeven.



Figuur 3

- 4p **b** Bereken de stroomsterkte die de stroommeter aanwijst.

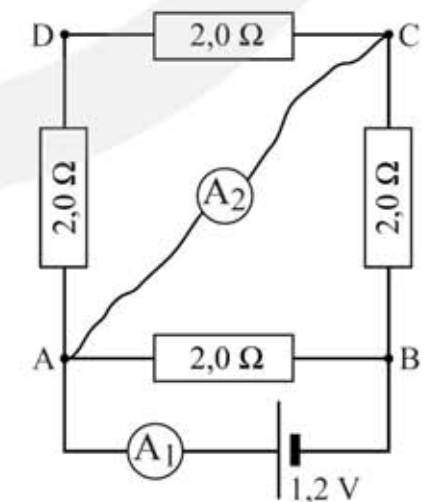
Paul sluit een spanningsmeter aan tussen de punten A en C. Zie figuur 4.



Figuur 4

- 3p **c** Bereken de spanning die de spanningsmeter aanwijst.

Paul vervangt de spanningsmeter tussen A en C door een stroommeter. Zie figuur 5. Een gedeelte van de schakeling is daardoor kortgesloten omdat de stroommeter geen weerstand heeft.



Figuur 5

- 4p **d** Bereken de stroomsterktes die de stroommeters A₁ en A₂ aanwijzen.

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 **a** 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 **b** 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 **c** Bereken het energieverbruik per km (in kWh km⁻¹) van de Twizy bij topsnelheid.

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

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

- 3p **e** 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 **f** 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.



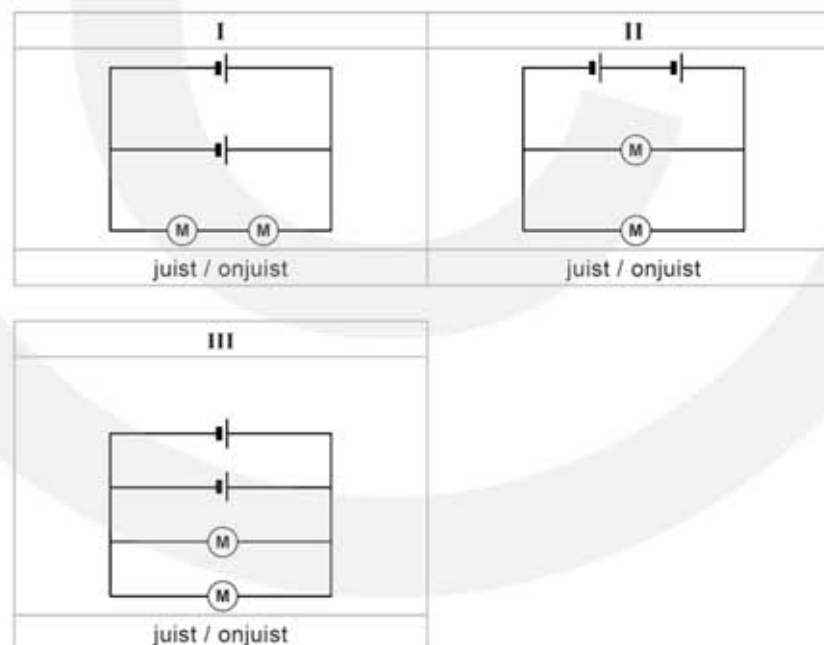
2p **a** Reken deze snelheid om naar km h^{-1} .

2p **b** 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 **c** 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.



Figuur 1

2p **d** Geef bij elke schakeling aan of de motoren juist of onjuist zijn aangesloten.

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 **e** Bereken hoeveel liter benzine deze variant minimaal verbruikt tijdens zijn vlucht.