

# 6 Elektriciteit

2 havo

## 6.1 Lading

- 1\*
- a Een proton heeft een **positieve** lading.
  - b Een neutron heeft **geen** lading.
  - c Een elektron heeft een **negatieve** lading.
  - d Een atoom dat een elektron heeft afgestaan krijgt een **positieve** lading.
  - e Een atoom dat een elektron heeft opgenomen krijgt een **negatieve** lading.
- 2\*
- a Twee positieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
  - b Twee negatieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
  - c Een positieve en een negatieve ladingen oefenen een **aantrekkende** kracht op elkaar uit.
- 3\*
- a Het symbool voor (elektrische) kracht is **F**
  - b Kracht wordt uitgedrukt in **newton (N)**
- 4\*
- a Het symbool voor elektrische lading is **Q**
  - b Elektrische lading wordt uitgedrukt in **coulomb (C)**
- 5\*
- a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
    - door de wrijving springen er elektronen over van de staaf naar de doek
  - b Waaraan merk je of een voorwerp een elektrische lading heeft?
    - een geladen voorwerp vertoont aantrekkende en afstotende krachten
    - zonder lading zijn deze krachten er niet
- 6\*
- a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
    - door wrijving wordt de ballon opgeladen (bijvoorbeeld positief)

- waar de ballon het plafond raakt bevindt zich een overschot aan tegenovergestelde lading (bijvoorbeeld negatief)
  - positieve en negatieve lading trekken elkaar aan
- b** Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
- de ballon raakt via de lucht zijn lading kwijt
  - als de elektrische kracht kleiner is dan de zwaartekracht valt de ballon naar beneden

- 7\*\***
- a** Een vliegtuig dat net is geland kan elektrisch geladen zijn.
- waar
  - door wrijving met de lucht kan er lading ontstaan op een vliegtuig
- b** Er zijn drie soorten lading.
- niet waar
  - er zijn twee soorten lading: positief en negatief
- c** In een neutraal voorwerp zit geen lading.
- niet waar
  - een neutraal voorwerp bevat evenveel positieve als negatieve lading
- d** In een geladen voorwerp zit altijd meer positieve dan negatieve lading.
- niet waar
  - een geladen voorwerp kan ook een overschot aan elektronen (negatieve lading) hebben
- e** Als je elektrische lading aanraakt ga je dood.
- niet waar
  - alleen als de lading heel groot is (zoals bij een bliksem) ga je dood
- f** Op iedere moment van de dag vallen er geladen deeltjes die van de zon komen op aarde.
- waar
  - de zon zendt geladen deeltjes, zoals protonen, elektronen en ionen, uit naar de aarde

- 8\*\***
- a** Verklaar dit.
- bij het uittrekken wrijven je trui en je haren over elkaar
  - hierdoor kunnen je trui en je haren worden opgeladen
- b** Waaraan kun je merken dat je haren geladen zijn?
- ze gaan recht overeind staan

- 9\*\***
- a** Leg uit waardoor deze lading ontstaat.
- de wind (lucht) en de wolken wrijven over elkaar
  - de lucht en de wolken worden opgeladen
- b** Leg uit wat er bij bliksem gebeurt.
- er springen elektronen over van de wolk naar de aarde (of andersom)
- c** Leg uit of bij een positief geladen wolk de elektronen van de wolk naar de aarde springen of andersom.
- bij een positief geladen wolk springen er elektronen van de aarde naar de wolk

- 10\*\***
- a** Leg uit wat er aan de hand is.
- bij het lopen hebben je schoenen en de vloer over elkaar gewreven
  - door deze wrijving heb je een elektrische lading gekregen
  - raak je een metalen deurklink aan dan stroomt deze lading weg
  - het snel wegstromen van lading voel je als een schok

- 11\*\***
- a** Teken de lading in de knop.
- elektronen worden door de positieve staaf aangetrokken
  - elektronen stromen naar de knop
  - de knop krijgt een negatieve lading
- b** Teken de lading in de blaadjes.
- de extra elektronen in de knop zijn onttrokken aan de blaadjes
  - de blaadjes krijgen een positieve lading
- c** Verklaar waarom de blaadjes uit elkaar gaan staan.
- de twee blaadjes hebben dezelfde (positieve) lading
  - vanwege deze gelijke lading stoten ze elkaar af
- d** Leg wat er gebeurt als je de staaf weghaalt.
- elektronen worden niet langer door de staaf aangetrokken
  - elektronen stromen terug naar de blaadjes
  - de blaadjes worden neutraal en stoten elkaar niet meer af
- e** Leg uit wat er gebeurt als je de knop met een positief geladen staaf aanraakt.
- er springen elektronen van de knop naar de staaf
  - de blaadjes krijgen een positieve lading en stoten elkaar af
  - als je de staaf weghaalt blijven de blaadjes positief geladen en blijven elkaar afstoten

- 12\*\***
- a** Leg uit hoe de elektrische lading op het bakje ontstaat, door toevoer van negatieve lading of door afvoer van positieve lading.
- de elektrische lading ontstaat door toevoer van elektronen
  - elektronen zijn negatief geladen → toevoer van negatieve lading
- b** Leg uit waarom ze dit doen.
- de balletjes krijgen een negatieve lading en stoten elkaar af
  - ze gaan verder van elkaar vandaan
- c** Leg uit waarom ze dit doen.
- de balletjes én het bakje hebben een negatieve lading en stoten elkaar af
  - als de afstotende kracht groot genoeg is springen de balletjes omhoog

- 13\*\* \***
- a** Leg uit hoe een Van de Graaff generator werkt.
- een rubberen band wrijft aan de onderkant over een plastic rol
  - hierdoor komt er lading op de band
  - door de draaiende band wordt de lading naar de bol gebracht
  - bij de bol springt de lading van de band naar de bol
  - de bol wordt hierdoor geladen
- b** Leg uit waarom zo'n mat nodig is.
- zonder zo'n mat stroomt de lading weg naar de aarde
  - je wordt onvoldoende opgeladen
  - de afstotende kracht is niet groot genoeg om je haren overeind te duwen

---

## 6.2 Spanning en stroom

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

- 4\*\***
- a** Hoeveel lading er dan van de + naar de – pool gestroomd?
- $E_{el} = 6000 \text{ J} \mid U = 1,5 \text{ V} \mid Q = \dots \text{ C}$
  - $E_{el} = Q \cdot U$
  - $6000 = Q \cdot 1,5 \rightarrow Q = 4000 \text{ C}$
- b** Hoe groot is de spanning waarop het lampje brandt?
- elke batterij geeft 1,5 volt
  - 4 batterijen in serie geschakeld geeft 4 keer 1,5 = 6,0 volt
- c** Bereken hoeveel lading er door het lampje is gestroomd, als de batterijen samen 6000 J aan elektrische energie hebben geleverd.
- $E_{el} = 6000 \text{ J} \mid U = 4 \cdot 1,5 = 6,0 \text{ V} \mid Q = \dots \text{ C}$
  - $E_{el} = Q \cdot U$
  - $6000 = Q \cdot 6 \rightarrow Q = 1000 \text{ C}$

- 5\*\***
- a** Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.
- $E_{el} = 20 \text{ J} \mid U = 100.000 \text{ V} \mid Q = \dots \text{ C}$
  - $E_{el} = Q \cdot U$
  - $20 = Q \cdot 100.000 \rightarrow Q = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- b** Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.
- ieder elektron heeft  $1,6022 \cdot 10^{-19}$
  - aantal elektronen:  $n = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{1,6022 \cdot 10^{-19}} \rightarrow n = 1,248 \cdot 10^{15}$  elektronen

- 6\***
- a** Teken het symbool van een spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
- lang slank en kort dik streepje naast elkaar
  - lang slank is positief  $\mid$  kort dik is negatief
- b** Teken het symbool van een variabele spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
- hetzelfde als een spanningsbron maar met een schuine pijl er doorheen

- 7\***
- a** Leg uit wat een condensator is en wat je met een condensator kunt doen.
- twee platen vlak boven elkaar met ertussen een isolerende stof
  - in een condensator kan elektrische energie worden opgeslagen

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

**8\***

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

**9\***

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

---

## 6.3 Stroomkring

- 1\***
- a** Geef in de figuur met pijltjes de richting van de stroom aan. Geef uitleg.
- de stroom gaat van plus naar min door het lampje
- b** Geef in de figuur met een andere kleur de richting aan waarin de elektronen bewegen. Leg je antwoord uit.
- de elektronen bewegen de andere kant uit → van min naar plus door het lampje
- c** Leg uit waarom een stroom die de hele tijd blijft lopen alleen mogelijk is als de elektronen in een kring rondgaan.
- elektronen kunnen niet worden gemaakt en kunnen niet verdwijnen
  - als je een voorraad elektronen aanlegt zal de stroom ooit stoppen (net als bij een zandloper)
  - wil je dat de stroom nooit stopt dan moeten de elektronen in een kring rondgaan
- d** Leg uit of de elektronen binnen in de spanningsbron van plus naar min bewegen of van min naar plus.
- binnen in de spanningsbron gaat de stroom van min naar plus en de elektronen van plus naar min
  - in de spanningsbron krijgen de elektronen weer nieuwe energie, waarmee ze een nieuwe ronde kunnen afleggen
- 2\*\***
- a** Leg uit in welke van de vier schakelingen het lampje brandt.
- bij de schakelingen rechtsboven wordt de stroomkring gesloten
  - alleen bij deze schakelingen gaat het lampje branden  
(bij de schakelingen rechtsboven en rechtsonder brandt het lampje ook als de schakelaar open staat)
- b** In welke schakelingen is de spanningsbron verkeerd aangesloten?
- bij de schakeling linksonder is de spanningsbron verkeerd aangesloten
- c** In welke schakelingen is de schakelaar verkeerd aangesloten?
- bij de schakeling rechtsboven is de schakelaar verkeerd aangesloten
- d** In welke schakelingen werkt de schakelaar niet?
- bij de schakelingen rechtsboven en rechtsonder blijft de stroomkring gesloten ook als de schakelaar open staat
  - bij deze schakelingen werkt de schakelaar niet
  - omdat bij de schakeling linksonder de spanningsbron verkeerd is aangesloten werkt deze schakelaar ook niet want de stroomkring wordt nooit gesloten



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

**Schema A**

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

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

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

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

**Schema B**

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

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

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

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

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

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

c Wat is het nadeel van schakeling B?

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

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

**Schema A**

1 omhoog + 2 omhoog: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

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

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

1 omlaag + 2 omlaag: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

**Schema B**

1 omhoog + 2 omhoog: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

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

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

1 omlaag + 2 omlaag: Lamp brandt **wel** omdat de stroomkring **gesloten** is.

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

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

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

S1 omhoog + S2 omhoog: L1 brandt **wel** L2 brandt **wel**

S1 omhoog + S2 omlaag: L1 brandt **niet** L2 brandt **niet**

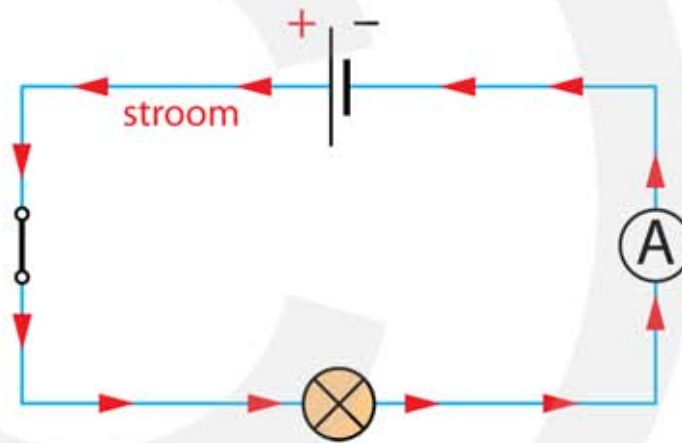
S1 omlaag + S2 omhoog: L1 brandt **niet** L2 brandt **niet**

S1 omlaag + S2 omlaag: L1 brandt **wel** L2 brandt **niet**

- 6\*\* Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.
- |                      |                       |                       |                       |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| S1 open + S2 open:   | L1 brandt <b>niet</b> | L2 brandt <b>niet</b> | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 open + S2 dicht:  | L1 brandt <b>wel</b>  | L2 brandt <b>wel</b>  | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 dicht + S2 open:  | L1 brandt <b>niet</b> | L2 brandt <b>niet</b> | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 dicht + S2 dicht: | L1 brandt <b>wel</b>  | L2 brandt <b>wel</b>  | L3 brandt <b>wel</b>  |

- 7\*\* Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.
- |                      |                      |                       |                       |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| S1 open + S2 open:   | L1 brandt <b>wel</b> | L2 brandt <b>niet</b> | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 open + S2 dicht:  | L1 brandt <b>wel</b> | L2 brandt <b>wel</b>  | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 dicht + S2 open:  | L1 brandt <b>wel</b> | L2 brandt <b>niet</b> | L3 brandt <b>niet</b> |
| S1 dicht + S2 dicht: | L1 brandt <b>wel</b> | L2 brandt <b>wel</b>  | L3 brandt <b>wel</b>  |

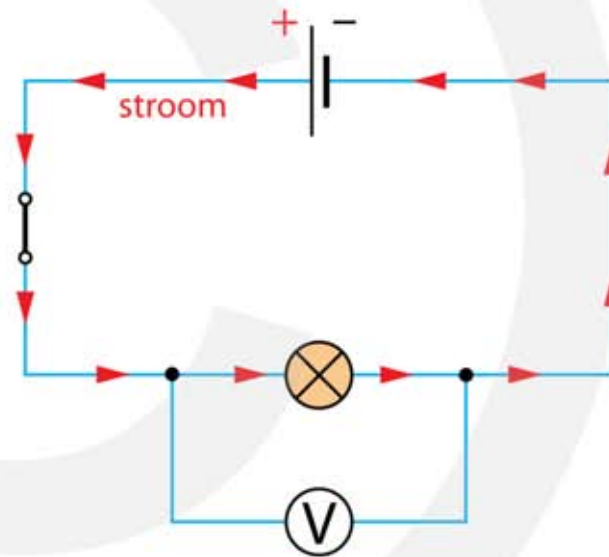
- 8\*\* a Maak een tekening van een stroomkring met daarin een spanningsbron, een lampje en een ampèremeter.
- b Geef de plus en de min aan bij de spanningsbron en geef met pijltjes aan hoe de stroom loopt.
- c Neem een schakelaar in je tekening op waarmee je het lampje aan en uit kunt schakelen.



- 9\*\* a Wie heeft er gelijk, Jan, Bart, beiden of geen van beiden. Leg je antwoord uit.
- de stroom die uit de spanningsbron komt is even groot als de stroom die in de spanningsbron terugkomt
  - het maakt niet uit of de ampèremeter voor of achter het lampje staat
  - beiden hebben gelijk
- b Hoe groot zal dan de stroomsterkte in de stroomkring zijn?
- de stroomkring is niet meer gesloten
  - de stroomsterkte is nul
- c Welke waarde lees je af bij de ampèremeter in de linker figuur en welke in de rechter figuur?
- de ampèremeter geeft in beide gevallen nul ampère

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

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



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

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

- 14\*\*\***
- a** Door een lampje gaat een stroom van 0,25 A. Bereken hoeveel lading er per seconde door het lampje stroomt.
- $1 \text{ A} = 1 \text{ coulomb lading per seconde}$
  - $0,25 \text{ A} = 0,25 \text{ coulomb lading per seconde}$
- b** Het apparaat het lampje brandt een jaar lang continu. Bereken de lading die in één jaar door het lampje gaat.
- iedere seconde gaat er 0,25 C lading door het lampje
  - een jaar heeft  $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31.536.000$  seconden
  - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 0,25 = \frac{Q}{31.536.000} \rightarrow Q = 7.884.000 \text{ C}$

- 15\*\*\*\***
- a** Bij welke grootheid hoort de eenheid  $A \cdot h$ ? Leg je antwoord uit.
- A) spanning    B) stroomsterkte    **C) lading**    D) energie.
- bij de eenheid  $A \cdot h$  vermenigvuldig je de stroomsterkte (A) met de tijd (h)
  - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
  - stroomsterkte vermenigvuldigd met tijd geeft lading
  - de eenheid  $A \cdot h$  hoort bij de grootheid lading
- b** Hoeveelheid lading kan een volle batterij leveren?
- de batterij kan 1 uur lang 2,0 A leveren
  - 1 uur = 3600 seconden
  - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
  - $Q = 2 \cdot 3600 = 7200 \text{ coulomb}$

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

- een jaar heeft  $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31.536.000$  seconden

- $Q = 7200 \text{ C}$  |  $t = 31.536.000 \text{ s}$  |  $I = \dots \text{ A}$

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

- $I = \frac{7200}{31536000} = 0,0002283 \text{ A} \quad (2,283 \cdot 10^{-4} \text{ A})$

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

- per seconde neemt de lading steeds minder snel toe
- de stroomsterkte neemt af in de tijd

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

- gedurende de hele tijd loopt er stroom
- de lading neemt toe

b Hoeveel lading is er gepasseerd op  $t = 8,0 \text{ s}$  ?

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

- $Q = 0,65 \cdot 8 = 5,2 \text{ C}$

---

## 6.4 Weerstand

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

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

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

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

e Over  $R_2$  staat een spanning van 25 V. Bereken de stroomsterkte door  $R_2$ .

- $U_2 = 25 \text{ V} \quad | \quad R_2 = 20 \, \Omega \quad | \quad I_2 = \dots \text{ A}$
- $U = I \cdot R$
- $25 = I \cdot 20 \quad \rightarrow \quad I = 1,25 \text{ A}$

6\*\* a Leg uit of de weerstand van de lamp aan de wet van Ohm voldoet.

- de grafiek is geen rechte lijn
- de weerstand voldoet dus niet aan de wet van Ohm  
(want de grafiek moet een rechte lijn door de oorsprong zijn)

b Bepaal de waarde van de weerstand bij  $U = 1,0 \text{ V}$

- $U = 1,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,39 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \, \Omega$
- $U = I \cdot R$
- $1 = 0,39 \cdot R \quad \rightarrow \quad R = 2,6 \, \Omega$

c Bepaal de waarde van de weerstand bij  $U = 5,0 \text{ V}$

- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,88 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \, \Omega$
- $U = I \cdot R$
- $5 = 0,88 \cdot R \quad \rightarrow \quad R = 5,7 \, \Omega$

d Leg uit hoe je aan de (I, U)-grafiek kunt zien of de weerstand toeneemt of afneemt.

- als de spanning toeneemt neemt de stroomsterkte minder snel toe
- het wordt steeds moeilijker om de stroom door de weerstand te laten gaan
- de weerstand neemt toe

e Waarom verandert de weerstand als er meer stroom doorheen gaat?

- het draadje in de lamp krijgt een hoge temperatuur
- de atomen gaan harder trillen
- het wordt moeilijker voor de elektronen om door het draadje te bewegen

7\*\* a Aan de grafieken kun je zien dat  $L_1$  de grootste weerstand heeft. Leg uit waaraan je dit kunt zien.

- bij  $U = 8 \text{ volt}$  loopt er bij  $L_2$  meer stroom dan bij  $L_1$
- $L_2$  heeft een lagere weerstand dan  $L_1$   
(stroom gaat makkelijker door  $L_2$  dan door  $L_1$ )

b Bepaal de stroomsterkte door  $L_1$  en door  $L_2$  (aflezen).

- aflezen  $L_1 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,65 \text{ A}$
- aflezen  $L_2 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,95 \text{ A}$

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

- aflezen bij 3 volt:  $L_1 = 0,45 \text{ A}$  en  $L_2 = 0,70 \text{ A}$
- Chiara heeft **niet** gelijk  $\rightarrow 0,45$  is niet de helft van  $0,65$  en  $0,7$  is niet de helft van  $0,95$



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

### De weerstand van een draad

- 8\*
- a Zoek de soortelijke weerstand op van aluminium en van koper.
- aluminium:  $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$
  - koper:  $\rho = 17 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$
- b Leg uit welk materiaal de beste geleider is, aluminium of koper.
- koper heeft een kleinere soortelijke weerstand dan aluminium
  - stroom gaat gemakkelijker door koper dan door aluminium
  - koper is een betere geleider
- 9\*
- a Ben je het met Demi eens?
- de soortelijke weerstand is een eigenschap van de stof waarvan de draad is gemaakt (ijzer)
  - de soortelijke weerstand verandert niet als de lengte of de dikte van de draad verandert
  - Demi heeft geen gelijk
- 10\*\*\*
- a Bereken de diameter van de kabel.
- doorsnede  $1,0 \text{ cm}^2 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
  - $A = \pi \cdot r^2$
  - $1,0 \cdot 10^{-4} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 5,642 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- b Bereken de diameter van de kabel.
- diameter:  $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 1,128 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- c Bereken de weerstand van de kabel.
- $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \mid A = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \mid \ell = 100.000 \text{ m} \mid R = \dots \Omega$
  - $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$
  - $R = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{100.000}{1,0 \cdot 10^{-4}} \rightarrow R = 27 \Omega$

d Bereken de spanning over de kabel.

•  $I = 200 \text{ A} \quad | \quad R = 27 \Omega \quad | \quad U = \dots \text{ V}$

•  $U = I \cdot R \rightarrow U = 200 \cdot 27 = 5400 \text{ V}$

11\*\*\*\* a Bereken de weerstand van het draadje.

•  $U = 2,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,20 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \Omega$

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

•  $R = \frac{2}{0,2} \rightarrow R = 10 \Omega$

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

•  $R = 10 \Omega \quad | \quad \ell = 0,15 \text{ m} \quad | \quad A = \dots \text{ m}^2$

•  $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$  met  $\rho_{\text{wolfram}} = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$

•  $10 = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,15}{A} \rightarrow A = 55 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,15}{10} = 8,25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$

c Bereken de straal van het draadje.

•  $A = \pi \cdot r^2$

•  $8,25 \cdot 10^{-10} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{8,25 \cdot 10^{-10}}{\pi}}$

•  $r = 1,62 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (= 16,2 \mu\text{m})$

d Bereken de diameter van het draadje.

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

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

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

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

• bij 2 volt is de weerstand  $R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{2}{0,2} = 10 \Omega$

•  $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$

•  $\rho$  wordt twee keer zo groot  $\ell$  en  $A$  veranderen niet

• bij 10 volt wordt de weerstand  $2 \cdot 10 = 20 \Omega$

•  $U = 10 \text{ V} \quad | \quad R = 20 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$

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

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

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

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

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

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

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

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

---

## 6.5 Serieschakeling en parallelschakeling

### Serieschakeling

- 1\*\***
- a** Bereken de totale weerstand.
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
  - $R_{\text{tot}} = 50 + 100 = 150 \Omega$
- b** Bereken  $I_{\text{bron}}$ .
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
  - $6 = I_{\text{bron}} \cdot 150 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
- c** Bereken de spanning over  $R_1$  ( $=U_1$ )
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
  - $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
  - $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \text{ V}$
- d** Bereken de spanning over  $R_2$  ( $=U_2$ )
- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
  - $I_2 = I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
  - $U_2 = 0,040 \cdot 100 = 4,0 \text{ V}$
- 2\*\***
- a** Bereken de totale weerstand  $R_{\text{tot}}$ .
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
  - $5 = 0,04 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 125 \Omega$
- b** Bereken  $R_2$ .
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
  - $125 = 50 + R_2 \rightarrow R_2 = 75 \Omega$
- c** Bereken de spanning over  $R_1$  ( $=U_1$ )
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
  - $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
  - $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \text{ V}$
- d** Bereken de spanning over  $R_2$  ( $=U_2$ )
- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
  - $I_2 = I_{\text{bron}} = 0,040 \text{ A}$
  - $U_2 = 0,040 \cdot 75 = 3,0 \text{ V}$

- 3\*\*** a Wat weet je van de stroom door de drie lampen?
- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 = I_3$  (door iedere lamp gaat dezelfde stroomsterkte)
- b Leg uit of het licht dat de lampen L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> uitstralen hierdoor meer wordt, minder wordt of gelijk blijft.
- als lamp 3 kapot gaat wordt de stroomkring doorbroken
  - de lampen 1 en 2 branden niet meer
  - de hoeveelheid uitgestraald licht wordt minder, namelijk nul
- 4\*\*\*** a Leg uit of hierdoor de spanning over elk van de drie lampen L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> en L<sub>3</sub> groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.
- de bronspanning blijft gelijk maar verdeelt zich nu over 4 lampen
  - de drie lampen L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> en L<sub>3</sub> krijgen nu minder spanning dan eerst
- b Leg uit of hierdoor de stroomsterkte door de lampen groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
  - door aanwezigheid van de 4<sup>e</sup> lamp wordt de totale weerstand groter
  - $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
  - $U_{\text{bron}}$  blijft gelijk en  $R_{\text{tot}}$  wordt groter →  $I_{\text{bron}}$  wordt kleiner
- 5\*\*\*** a Hoe groot is de spanning over L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> samen?
- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$
  - $U_1 + U_2 = 15 \text{ V}$
- b Wat weet je van de stroomsterkte in L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> ?
- $I_{\text{bron}} = I_1 = I_2$
  - de stroomsterkte in L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> zijn gelijk aan elkaar
- c Zoek in de figuur de stroomsterkte zodat U<sub>1</sub> en U<sub>2</sub> samen 15 V zijn.
- bij  $I = 0,60 \text{ A}$  geldt:  $U_1 + U_2 = 15 \text{ V}$
- d Bepaal de spanning over L<sub>1</sub> en over L<sub>2</sub>.
- aflezen  $U_1 = 5 \text{ V}$
  - aflezen  $U_2 = 10 \text{ V}$
- e Bereken de weerstand van L<sub>1</sub> en van L<sub>2</sub> als ze op de spanningen van vraag d branden.
- $U_1 = 5,0 \text{ V} \quad | \quad U_2 = 10 \text{ V} \quad | \quad I_{\text{tot}} = 0,60 \text{ A}$

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

- $R_1 = \frac{5}{0,6} = 8,3 \Omega$

- $R_2 = \frac{10}{0,6} = 16,7 \Omega$

f Bereken de totale weerstand van L1 en L2.

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

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

### Parallelschakeling

6\*\* a Bereken de totale weerstand.

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

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{5}{60}$

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{5}{60} \rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{60}{5} = 12 \Omega$

OOK GOED

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

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = 0,083333$

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = 0,083333 \rightarrow R_{\text{tot}} = 12 \Omega$

b Bereken  $I_{\text{bron}}$ .

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

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

- $6 = I_{\text{bron}} \cdot 12 \rightarrow I_{\text{bron}} = 0,50 \text{ A}$

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

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

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

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

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

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$

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

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

- 7\*\***
- a** Wat weet je van de spanning over de drie lampen?
- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$  (de spanning is over iedere lamp gelijk aan  $U_{\text{bron}}$ )
- b** Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?
- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 + I_3$  (de som van de stroomsterktes is gelijk aan  $I_{\text{bron}}$ )
- c** Leg uit of hierdoor de lampen  $L_2$  en  $L_3$  feller, minder fel of even fel branden.
- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$  verandert niet
  - $R_2$  en  $R_3$  veranderen ook niet
  - $U = I \cdot R$
  - $I_2$  en  $I_3$  veranderen niet
  - voor  $L_2$  en  $L_3$  blijven  $U$  en  $I$  gelijk
  - $L_2$  en  $L_3$  blijven branden

- 8\*\***
- a** Leg uit of hierdoor de stroomsterkte door elk van de drie lampen  $L_1$ ,  $L_2$  en  $L_3$  groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.
- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$  verandert niet
  - $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  veranderen ook niet
  - $I_1$ ,  $I_2$  en  $I_3$  veranderen niet
  - de stroomsterkte door  $L_1$ ,  $L_2$  en  $L_3$  blijft gelijk

- 9\*\*\***
- a** Bereken  $R_2$ .
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
  - $U_1 = U_{\text{bron}}$
  - $12 = I_1 \cdot 120 \rightarrow I_1 = 0,10 \text{ A}$
  - $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2$
  - $0,5 = 0,1 + I_2 \rightarrow I_2 = 0,40 \text{ A}$
  - $U_2 = I_2 \cdot R_2$
  - $U_2 = U_{\text{bron}}$
  - $12 = 0,4 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 30 \Omega$
- OOK GOED
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
  - $12 = 0,5 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 24 \Omega$
  - $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
  - $\frac{1}{24} = \frac{1}{120} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} - \frac{1}{120} = 0,033333$
  - $R_2 = \frac{1}{0,033333} = 30 \Omega$

10\*\* a Bereken de totale weerstand.

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

OOK GOED

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

11\*\*\* a Bereken R<sub>2</sub>.

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

OOK GOED

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

b Bereken R<sub>2</sub>.

- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{10} = \frac{1}{12} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{6}{60} - \frac{5}{60} = \frac{1}{60}$
- $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{60} \rightarrow R_2 = \frac{60}{1} = 60 \Omega$

OOK GOED

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

12\*\*\* a Bereken de weerstand R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = R<sub>3</sub>.



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

**b** Bereken  $R_3$ .

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

OOK GOED

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

### Gemengde schakeling

**13\*\*\*\* a** Bereken de totale weerstand.

- $R_{23}$  is de totale weerstand van  $R_2$  en  $R_3$  (parallelschakeling)
- $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = \frac{3}{150} + \frac{2}{150} = \frac{5}{150}$
- $\frac{1}{R_{23}} = \frac{5}{150} \rightarrow R_{23} = \frac{150}{5} = 30 \Omega$
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{23} = 60 + 30 = 90 \Omega$

OOK GOED

- $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = 0,020 + 0,01333 = 0,03333$
- $R_{23} = \frac{1}{0,03333} = 30 \Omega$
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_{23} = 60 + 30 = 90 \Omega$

**b** Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

**c** Bereken de spanning over  $R_1$ .

- $I_{\text{bron}} = I_1 = 0,20 \text{ A}$  ( $I_{\text{bron}}$  gaat door  $R_1$ )
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

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

**d** Bereken de spanning over  $R_2$  en  $R_3$ .

- $U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$
- $18 = 12 + U_2 \rightarrow U_2 = 6,0 \text{ V}$
- $U_2 = U_3 \rightarrow U_3 = 6,0 \text{ V}$  (parallelschakeling)

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

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

**14\*\*\*\* a** Bereken de totale weerstand.

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

**OOK GOED**

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

**b** Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

**c** Bereken de stroomsterkte door  $R_3$ .

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

**d** Bereken de stroomsterkte door  $R_1$  en door  $R_2$ .

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

**e** Bereken de spanning over  $R_1$  en over  $R_2$ .

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

15\*\*\*\*

a Bereken R.

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

b Bereken de spanning over  $R_s$ .

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

c Bereken de spanning over het paralleldeel.

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

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

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

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

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

OOK GOED

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

16\*\*\*\*

a Bereken de totale weerstand.

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

**b** Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

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

- $I_{1\text{tot}} = I_{\text{bron}} = 1,05056 \text{ A} \mid R_{1\text{tot}} = 10,90909 \Omega \mid U_{1\text{tot}} = \dots \text{ V}$
- $U_{1\text{tot}} = I_{1\text{tot}} \cdot R_{1\text{tot}} \rightarrow U_{1\text{tot}} = 1,05056 \cdot 10,90909 \rightarrow U_{1\text{tot}} = 11,461 = 11 \text{ V}$
- $U_{L_1} = U_{1\text{tot}} = 11 \text{ V}$
- $U_{L_2} = U_{\text{bron}} - U_{1\text{tot}} \rightarrow U_{L_2} = 30 - 11,461 = 18,539 = 19 \text{ V}$

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

- $U_{L_1} = I_{L_1} \cdot R_{L_1} \rightarrow 11,461 = I_{L_1} \cdot 15 \rightarrow I_{L_1} = 0,764 = 0,76 \text{ A}$
- $U_{L_2} = I_{L_2} \cdot R_{L_2} \rightarrow 18,593 = I_{L_2} \cdot 25 \rightarrow I_{L_2} = 0,74372 = 0,74 \text{ A}$

## 6.6 Elektrische energie

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

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

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

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

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

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

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

- $U = 230 \text{ V} \quad | \quad E_{\text{el}} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ J} \quad | \quad Q = \dots \text{ C}$
- $E_{\text{el}} = Q \cdot U$
- $3,0 \cdot 10^6 = Q \cdot 230 \rightarrow Q = 1,30435 \cdot 10^4 = 1,30 \cdot 10^4 \text{ C}$

b Hoe groot is de stroomsterkte door de broodrooster?

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

c Wat is het vermogen van de broodrooster?

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

3\*\* a Hoeveel energie zet de straalkachel in een uur om?

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

**b** Hoe groot is de stroomsterkte door de straalkachel?

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

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

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

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

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

**c** Hoelang moet het verwarmingselement aanstaan

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

OOK GOED

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

**5\*\*\*** **a** Reken de gegevens om:

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

**b** Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

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

c Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

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

d Hoeveel energie is dit uitgedrukt in kWh?

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

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

- één ontlading geeft 33,333 kWh
- verhoudingstabel:

jaar	1	x
kWh	4000	33,333

- kruislings vermenigvuldigen:

$$33,333 = 4000 \cdot x \rightarrow x = \frac{33,333}{4000} = 0,00833 \text{ jaar}$$

- 365 dagen in een jaar:  $0,008333 \cdot 365 = 3,04 \text{ dagen}$

6\*\*

a Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

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

b Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

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

7\*\*\*\*

a Bereken het vermogen van de stofzuiger.

- verhoudingstabel

euro's	0,20	30
kWh	1	x

- kruislings vermenigvuldigen:  $1 \cdot 30 = 0,2 \cdot x \rightarrow x = \frac{30}{0,2} = 150$

- $E = 150 \text{ kWh} \quad | \quad t = 125 \text{ h} \quad | \quad P = \dots \text{ kW}$
- $E = P \cdot t$
- $150 = P \cdot 125 \rightarrow P = 1,2 \text{ kW} = 1200 \text{ W}$

**b** Bereken de stroomsterkte als stofzuiger aan staat.

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

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

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

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

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

**e** Bereken het vermogen van de eco-stofzuiger.

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

**8\*\*\***

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

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

**b** Hoeveel kWh is dit?

- van J naar kWh  $\rightarrow$  delen door  $3,6 \cdot 10^6$
- $\frac{3024}{3.600.000} = 0,00084 \text{ kWh}$

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

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

**d** Hoeveel kWh kan er in deze batterij worden opgeslagen?

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

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

• maak verhoudingstabel:

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



- kruislings vermenigvuldigen:

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

- één kWh energie uit een batterij kost € 356

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

- één kWh energie uit een batterij kost € 356

- $\frac{355,55}{0,2} = 1778$

- elektrische energie uit een niet oplaadbare batterij kost 1778 keer zoveel als uit het lichtnet.

9\*\*\*

a Hoeveel vermogen heeft de broodrooster?

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

b Hoeveel energie kost het roosteren van een boterham?

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

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

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

10\*\*\*

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

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

OOK GOED

- $E = 700 \cdot 10^9 \text{ Wh} = 700 \cdot 10^6 \text{ kWh} = 700 \cdot 10^6 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 2,52 \cdot 10^{15} \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $2,52 \cdot 10^{15} = 200 \cdot 10^6 \cdot t \rightarrow t = 1,26 \cdot 10^7 \text{ s}$

- $t = \frac{1,26 \cdot 10^7}{60 \cdot 60} = 3500$  uur per jaar
- 3500 uur per jaar  $\rightarrow \frac{3500}{365} = 9,6$  uur per dag

11\*\*\*

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

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

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

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

c Wat weet je van de spanning over  $L_1$ ?

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

d Wat weet je van de weerstand van  $L_1$ ?

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

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

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

12\*\*\*\*

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

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

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

- door toevoeging van  $L_3$  wordt de totale weerstand groter
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $U_{\text{bron}}$  blijft gelijk en  $R_{\text{tot}}$  neemt toe  $\rightarrow I_{\text{bron}}$  neemt af

- $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$
- $P_{\text{bron}}$  neemt af  $\rightarrow$  per seconde wordt er minder licht geproduceerd
- de totale hoeveelheid licht neemt af

13\*\*\*

- a Wat weet je van de stroomsterkte door de drie lampen?
- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 + I_3$
- b Wat weet je van de spanning over de drie lampen?
- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$
- c Wat weet je van de stroomsterkte in  $L_1$ ?
- $P_1$  is groter dan  $P_2$  en  $P_3$
  - de spanning is voor alle lampen gelijk
  - $P = U \cdot I$
  - door  $L_1$  gaat de meeste stroomsterkte
- d Wat weet je van de weerstand van  $L_1$ ?
- door  $L_1$  gaat de meeste stroomsterkte
  - de spanning over de drie lampen is gelijk
  - $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
  - $U$  is voor iedere lamp hetzelfde en  $I_1$  is groter dan  $I_2$  en  $I_3$
  - $R_1$  is kleiner dan  $R_2$  en  $R_3$
- e Leg uit of hierdoor de lampen  $L_2$  en  $L_3$  feller, minder fel of even fel branden.
- $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$  verandert niet
  - $R_2$  en  $R_3$  veranderen ook niet
  - $U = I \cdot R$
  - $I_2$  en  $I_3$  veranderen niet
  - $P = U \cdot I$
  - $P_2$  en  $P_3$  veranderen niet  $\rightarrow L_2$  en  $L_3$  blijven even fel branden

14\*\*\*\*

- a Leg uit of de felheid waarmee  $L_1$  en  $L_2$  branden verandert als  $L_3$  wordt toegevoegd? Wordt de felheid van  $L_1$  en  $L_2$  groter, kleiner of blijft de felheid gelijk?
- door het toevoegen van  $L_3$  verandert de spanning over  $L_1$  en  $L_2$  en de stroomsterkte door  $L_1$  en  $L_2$  niet
  - $P = U \cdot I$
  - voor  $L_1$  en  $L_2$  blijven zowel  $U$  als  $I$  gelijk
  - $P$  verandert niet af  $\rightarrow$  de lampen  $L_1$  en  $L_2$  branden even fel
- b Leg uit de drie parallel geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren dan twee lampen parallel.
- door toevoeging van  $L_3$  wordt de totale weerstand kleiner

- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
- $U_{\text{bron}}$  blijft gelijk en  $R_{\text{tot}}$  neemt af  $\rightarrow I_{\text{bron}}$  neemt toe
- $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$
- $P_{\text{bron}}$  neemt toe  $\rightarrow$  per seconde wordt er meer licht geproduceerd
- de totale hoeveelheid licht neemt toe

**15\*\*\*\*** a Bereken de stroom  $I_{\text{bron}}$  door het circuit.

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

OOK GOED

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

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

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

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

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

d Bereken  $R_2$ .

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

**16\*\*\*\*** a Bereken  $U_{\text{bron}}$ .

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

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

OOK GOED

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

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

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

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

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

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

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

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

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

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

**d** Bereken  $R_2$ .

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

- $U_2 = I_2 \cdot R_2$

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

**17\*\*\*\* a** Bereken de spanning over  $R_2$ .

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

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

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

OOK GOED

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

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

**b** Bereken de spanning over  $R_1$ .

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

**c** Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_1 = I_1 \cdot R_1$

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

- $I_{\text{bron}} = I_1 = 2,0 \text{ A}$

d Bereken de stroomsterkte door  $R_3$ .

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

e Bereken  $R_3$ .

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

18<sup>+</sup>

a Bereken  $R_1$ .

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

b Bereken het vermogen van het lampje.

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

## Rendement

19<sup>\*\*\*</sup>

a Bereken het vermogen van de zonnecel.

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

b Bereken het rendement van de zonnecel.

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

- $\eta = \frac{1,2}{8} \cdot 100\% \rightarrow \eta = 15\%$

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

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

b Hoeveel tijd heeft de hijskraan hiervoor nodig?

- $P = 6000 W \mid E = 49.050 J \mid t = \dots s$
- $E = P \cdot t$
- $49.050 = 6000 \cdot t \rightarrow t = 8,175 = 8,2 s$

**21\*\*\*\*** a Hoe groot is de stroomsterkte door de LED-lamp?

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

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

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

c Bereken het rendement van de LED-lamp.

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

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

- levensduur LED-lamp  $8 \cdot 2000 = 16000 h$

- $P_{\text{nut}} = 4,5 \text{ W} = 0,0045 \text{ kW} \quad | \quad t = 16000 \text{ h} \quad | \quad E = \dots \text{ kWh}$
- $E = P \cdot t$
- $E_{\text{nut}} = 0,0045 \cdot 16000 \rightarrow E_{\text{nut}} = 72 \text{ kWh}$

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

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

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

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

b Bepaal het vermogen dat door de spanningsbron wordt geleverd.

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

c Hoeveel lichtenergie produceert  $L_1$  in één uur?

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

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

- $P_{\text{in}} = 700 \cdot 200 = 140.000 \text{ W}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$
- $15 = \frac{P_{\text{nuttig}}}{1,4 \cdot 10^5} \cdot 100 \rightarrow P_{\text{nuttig}} = 1,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{15}{100} = 21000 \text{ W}$
- $P_{\text{nut}} = U \cdot I \rightarrow 21000 = 48 \cdot I \rightarrow I = 437,5 \text{ A}$