

6 Elektriciteit

2 havo / 2 vwo

6.1 Lading

- 1* a Een proton heeft een **positieve** lading.
b Een neutron heeft **geen** lading.
c Een elektron heeft een **negatieve** lading.
d Een atoom dat een elektron heeft afgestaan krijgt een **positieve** lading.
e Een atoom dat een elektron heeft opgenomen krijgt een **negatieve** lading.
- 2* a Twee positieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
b Twee negatieve ladingen oefenen een **afstotende** kracht op elkaar uit.
c Een positieve en een negatieve ladingen oefenen een **aantrekkende** kracht op elkaar uit.
- 3* a Het symbool voor (elektrische) kracht is **F**
b Kracht wordt uitgedrukt in **newton (N)**
- 4* a Het symbool voor elektrische lading is **Q of 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 tegengestelde 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 → de aantrekkende kracht verdwijnt

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
- c** 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 naar de aarde
 - het snel wegstromen van lading voel je als een schok

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

11**

- 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

12**

- a** Leg uit hoe een Van de Graaff generator werkt.
- een rubberen band wrijft aan de onderkant over een kam waardoor er lading op de band komt
 - via de band wordt de lading naar de bol gebracht
 - 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** Teken het symbool van een spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
- lang dun en kort dik streepje naast elkaar
 - lang dun is positief | kort dik is negatief
- b** Teken het symbool van een variabele spanningsbron. Vermeld daarbij welke kant plus is en welke kant min.
- hetzelfde als een spanningsbron maar met een schuine pijl er doorheen
- 2***
- 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
- 3***
- 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

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

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

b Hoe groot is de spanning waarop het lampje brandt?

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

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

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

5*****a** Bereken de hoeveelheid lading in de vonk.

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

b Bereken hoeveel elektronen er tijdens de vonk overspringen.

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

6.3 Stroomkring

1**

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

2**

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

3**

a Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

Schema A

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

Schema B

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

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

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

c Wat is het nadeel van schakeling B?

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

4**

a Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

Schema A

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

Schema B

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

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

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

5***

Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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

6**

Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

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

7**

Maak de juiste keuzen zodat de beweringen waar zijn.

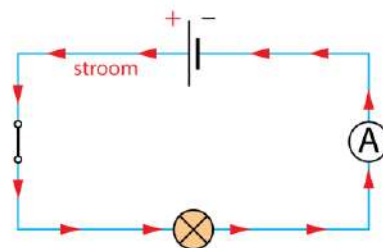
S1 open + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 open + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 open:	L1 brandt wel	L2 brandt niet	L3 brandt niet
S1 dicht + S2 dicht:	L1 brandt wel	L2 brandt wel	L3 brandt wel

8**

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

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

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



9**

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

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

b Hoe groot is dan de stroomsterkte in de stroomkring?

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

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

- de ampèremeter geeft in beide gevallen nul ampère

10**

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

- de spanning die over het lampje staat is even groot als de spanning die de spanningsbron geeft
- het maakt niet uit of de voltmeter over het lampje of over de spanningsbron staat
- beiden hebben gelijk

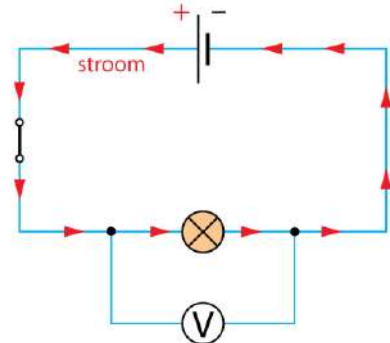
b Teken in de linker figuur en in de rechter figuur de stroom door de kring.

- stroom gaat van plus naar min
- er gaat geen stroom door de voltmeter
- alle stroom gaat door het lampje

- c Op zeker moment brandt het lampje door, waardoor de weerstand oneindig groot wordt. Leg uit of de spanning die over het lampje staat hierdoor verandert.
- de spanning wordt gemaakt in de spanningsbron
 - als het lampje doorbrandt verandert de spanning over het lampje niet

11**

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



12***

- a 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
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow 0,25 = \frac{Q}{31.536.000} \rightarrow Q = 7.884.000 = 7,9 \cdot 10^6 \text{ C}$

13****

- a Bij welke grootheid hoort de eenheid A·h? Leg je antwoord uit.
A) spanning B) stroomsterkte C) lading D) energie.
- bij de eenheid A·h vermenigvuldig je de stroomsterkte (A) met de tijd (h)
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t$
 - stroomsterkte vermenigvuldigd met tijd geeft lading
 - de eenheid A·h hoort bij de grootheid lading
- b Hoeveelheid lading kan een volle batterij leveren?
- de batterij kan 1 uur lang 2,0 A leveren
 - 1 uur = 3600 seconden
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \rightarrow Q = 2 \cdot 3600 = 7200 = 7,2 \cdot 10^3 \text{ C}$
- c Bereken de stroomsterkte door de klok.
- een jaar heeft $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 3,1536 \cdot 10^7$ seconden
 - $Q = 7200 \text{ C} \mid t = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ s} \mid I = \dots \text{ A}$
 - $I = \frac{Q}{t} \rightarrow I = \frac{7200}{3,1536 \cdot 10^7} = 2,283 \cdot 10^{-4} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$

6.4 Weerstand

- 1**** a Wie heeft er volgens jou gelijk, Karin, Mark of geen van beiden.
- Karin en Mark hebben beiden geen gelijk omdat de stroomsterkte afhangt van de spanning

- 2**** a Bereken de weerstand.
- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad I = 0,20 \text{ A} \quad | \quad R = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R$
 - $5 = 0,2 \cdot R \rightarrow R = 25 \Omega$
- b De spanning wordt verhoogd naar 12 volt. Bereken de stroomsterkte door de weerstand.
- $U = 12 \text{ V} \quad | \quad R = 25 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
 - $U = I \cdot R$
 - $12 = I \cdot 25 \rightarrow I = 0,48 \text{ A}$
- c Je wil dat er een stroomsterkte van 0,35 A door de weerstand gaat. Bereken hoeveel spanning je hiervoor moet aanleggen.
- $I = 0,35 \text{ A} \quad | \quad R = 25 \Omega \quad | \quad U = \dots \text{ V}$
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 0,35 \cdot 25 \rightarrow U = 8,75 = 8,8 \text{ V}$

- 3**** a Leg uit of deze weerstand aan de wet van Ohm voldoet.
- de grafiek is een rechte lijn door de oorsprong
 - de weerstand voldoet aan de wet van Ohm
- b Bepaal de waarde van de weerstand.
- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
 - $R = \frac{8}{1} = 8,0 \Omega$
- c Lees de stroomsterkte af bij een spanning van 5,0 V.
- aflezen 0,62 A (marge 0,2 A)
- d Bereken de stroomsterkte bij een spanning van 5,0 V en controleer of dit overeenkomt met je antwoord op vraag c.
- $U = 5,0 \text{ V} \quad | \quad R = 8,0 \Omega \quad | \quad I = \dots \text{ A}$
 - $U = I \cdot R$
 - $5 = I \cdot 8 \rightarrow I = 0,625 \text{ A} \rightarrow$ komt overeen met vraag c

- e Leg uit of Inge gelijk heeft.
- stel dat bij 5,0 V de stroomsterkte 1,0 is dan is de weerstand 5,0 Ω
- een steilere grafiek geeft een kleinere weerstand $\rightarrow$ Inge heeft geen gelijk

4**

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

5***

- a Welke weerstand het grootst R_1 of R_2 ? Leg je antwoord uit.
 - bij $U = 8$ volt loopt er bij R_1 meer stroom dan bij R_2
 - R_1 is een kleinere weerstand dan R_2
 stroom gaat makkelijker door R_1 dan door R_2
- b Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 2,0$ V
 - $U = 4,0$ V | $I_1 = 0,50$ A | $I_2 = 0,20$ A | $R_1 = \dots \Omega$ | $R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{4}{0,5} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_2} \rightarrow R_2 = \frac{4}{0,2} = 20 \Omega$
- c Bepaal de grootte van R_1 en van R_2 bij $U = 8,0$ V
 - $U = 8,0$ V | $I_1 = 1,0$ A | $I_2 = 0,40$ A | $R_1 = \dots \Omega$ | $R_2 = \dots \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_1 = \frac{U}{I_1} \rightarrow R_1 = \frac{8}{1} = 8,0 \Omega$
 - $U = I \cdot R \rightarrow R_2 = \frac{U}{I_2} \rightarrow R_2 = \frac{8}{0,4} = 20 \Omega$
- d Bereken de spanning over R_1 .
 - $I = 1,2$ A | $R_1 = 8,0 \Omega$ | $U_1 = \dots$ V
 - $U = I \cdot R$
 - $U = 1,2 \cdot 8 \rightarrow U = 9,6$ V
- e Bereken de stroomsterkte door R_2 .
 - $U_2 = 25$ V | $R_2 = 20 \Omega$ | $I_2 = \dots$ A
 - $U = I \cdot R$
 - $25 = I \cdot 20 \rightarrow I = 1,25 = 1,3$ A

6***

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

7****

- a Aan de grafieken kun je zien dat L_1 de grootste weerstand heeft. Leg uit waaraan je dit kunt zien.
- bij iedere spanning loopt er bij L_2 meer stroom dan bij L_1
 - L_2 heeft een lagere weerstand dan L_1 stroom gaat makkelijker door L_2 dan door L_1
- b Bepaal de stroomsterkte door L_1 en door L_2 (aflezen).
- aflezen $L_1 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,65 \text{ A}$
 - aflezen $L_2 \quad U = 6 \text{ V} \quad | \quad I = 0,95 \text{ A}$
- c Wie heeft er gelijk: Emilie, Sophie of geen van beiden?
- aflezen bij 3 volt: $L_1 = 0,45 \text{ A}$ en $L_2 = 0,70 \text{ A}$
 - Emilie heeft **niet** gelijk $\rightarrow 0,45$ is niet de helft van $0,65$ en $0,7$ is niet de helft van $0,95$
 - Sophie heeft **niet** gelijk omdat: $\rightarrow 0,45$ is niet het dubbele van $0,64$ en $0,7$ is niet het dubbele van $0,93$
 - beiden hebben geen gelijk, maar Emilie zit dichterbij dan Sophie
- d Welke lamp brandt het felst?
- de hoeveelheid lading per seconde is de stroomsterkte
 - bij dezelfde spanning gaat door L_2 meer stroomsterkte dan door L_1
 - L_2 brandt het felst

De weerstand van een draad

8*

a 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

9***

a Bereken de diameter van de kabel.

- doorsnede $2,5 \text{ cm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2$
- $2,5 \cdot 10^{-4} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 8,92062 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

b Bereken de diameter van de kabel.

- diameter: $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 1,78412 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

c Bereken de weerstand van de kabel.

- $\rho = 27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m} \mid A = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \mid \ell = 100.000 \text{ m} \mid R = \dots \Omega$
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$
- $R = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{100.000}{2,5 \cdot 10^{-4}} \rightarrow R = 10,8 \Omega$

d Bereken de spanning over de kabel.

- $I = 500 \text{ A} \mid R = 10,8 \Omega \mid U = \dots \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow U = 500 \cdot 10,8 = 5400 \text{ V}$

10****

a Bereken de weerstand van het draadje.

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

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

- $R = 10 \Omega \mid \ell = 0,15 \text{ m} \mid A = \dots \text{ m}^2$
- $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$ 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.

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

11****

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

- bij 10 V gaat er meer stroom door de gloeilamp dan bij 2,0 volt
- bij een grotere stroomsterkte is de temperatuur van het gloeidraadje hoger
- bij 10 volt trillen de atomen harder $\rightarrow$ verplaatsen van elektronen wordt moeilijker
- de soortelijke weerstand van wolfram is bij 10 volt groter dan bij 2 volt

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

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

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

- ρ wordt twee keer zo groot ℓ en A veranderen niet
- bij 10 volt wordt de weerstand $2 \cdot 10 = 20 \Omega$
- $U = 10 \text{ V} \mid R = 20 \Omega \mid I = \dots \text{ A}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 10 = I \cdot 20 \rightarrow I = 0,50 \text{ A}$

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

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

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

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

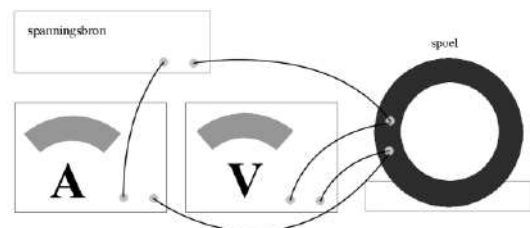
d Bereken hoeveel elektrische energie er in een uur door de lamp wordt gebruikt als hij op 10 volt brandt.

- $\Delta E_{\text{el}} = q \cdot U \rightarrow \Delta E_{\text{el}} = 1800 \cdot 10 = 18.000 \text{ J}$

12+

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

- spanningsbron, spoel en ampèremeter in de kring
- voltmeter over de spoel



b Bereken de lengte van de koperdraad.

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

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

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

- $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 0,60 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow A = 1,131 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

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

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

6.5 Serieschakeling en parallelschakeling

Serieschakeling

1**

a Bereken de totale weerstand.

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

b Bereken I_{bron} .

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

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

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

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

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

2**

a Bereken de totale weerstand R_{tot} .

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

b Bereken R_2 .

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

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

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

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

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

3**

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

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

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

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

4***

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

- de bronspanning blijft gelijk maar verdeelt zich nu over 4 lampen
- de drie lampen L_1 , L_2 en L_3 krijgen nu minder spanning dan eerst

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

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

5***

a Hoe groot is de spanning over L_1 en L_2 samen?

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

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

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

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

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

d Bepaal de spanning over L_1 en over L_2 .

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

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

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

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

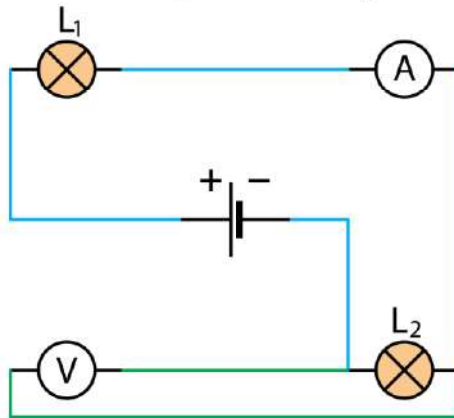
- $R_1 = \frac{5}{0,6} = 8,3 \Omega \quad R_2 = \frac{10}{0,6} = 16,7 \Omega$

f Bereken de totale weerstand van L_1 en L_2 .

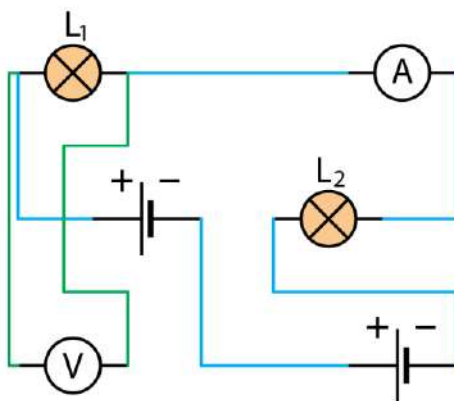
- $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$
- $R_{\text{tot}} = 8,3 + 16,7 = 25 \Omega$

6***

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



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



c Bereken de weerstand van L_1 ?

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

d Bereken de weerstand van L_2 ?

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

e Bereken de totale weerstand?

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

Parallelschakeling

7**

a Bereken de totale weerstand.

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

OOK GOED

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

b Bereken I_{bron} .

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

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

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

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

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

8**

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

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

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

- $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3$ de som van de stroomsterktes is gelijk aan I_{bron}

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

- $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = U_3$ verandert niet
- R_2 en R_3 veranderen ook niet
- $U = I \cdot R$

- I_2 en I_3 veranderen niet
- voor L_2 en L_3 blijven U en I gelijk
- L_2 en L_3 blijven branden

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

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

9***

a Bereken R_2 .

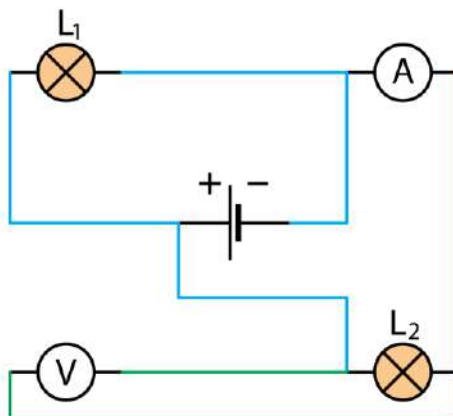
- $U_{\text{bron}} = U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow 12 = I_1 \cdot 120 \rightarrow I_1 = 0,10 \text{ A}$
- $I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 \rightarrow 0,5 = 0,1 + I_2 \rightarrow I_2 = 0,40 \text{ A}$
- $U_{\text{bron}} = U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow 12 = 0,4 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 30 \Omega$

OOK GOED

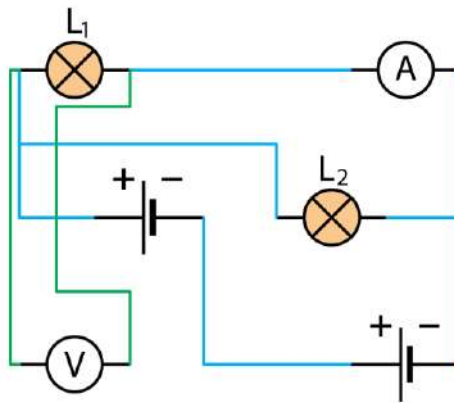
- $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow 12 = 0,5 \cdot R_{\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 24 \Omega$
- $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
- $\frac{1}{24} = \frac{1}{120} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{24} - \frac{1}{120}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

10***

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



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



11** a** Bereken de weerstand $R_1 = R_2 = R_3$.

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

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

12** a** Bereken de totale weerstand.

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

OOK GOED

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

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

c Bereken de spanning over R_1 .

- $I_1 = I_{\text{bron}} = 0,20 \text{ A}$
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $U_1 = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ V}$

d Bereken de spanning over R_2 en R_3 .

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

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

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

13****

a Bereken de totale weerstand.

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

OOK GOED

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

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

c Bereken de stroomsterkte door R_3 .

- $U_{\text{bron}} = U_3 \rightarrow U_3 = 18 \text{ V}$ parallelschakeling

- $U_3 = I_3 \cdot R_3 \rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} \rightarrow I_3 = \frac{18}{200} = 0,090 \text{ A}$

d Bereken de stroomsterkte door R_1 en door R_2 .

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

- $I_1 = I_2 = 0,18 \text{ A}$

e Bereken de spanning over R_1 en over R_2 .

- $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = 0,18 \cdot 40 = 7,2 \text{ V}$

- $U_2 = I_2 \cdot R_2 \rightarrow U_2 = 0,18 \cdot 60 = 10,8 \text{ V}$

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

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

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

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

- $R_{\text{tot}} = R_{1\text{tot}} + R_{2\text{tot}} \rightarrow R_{\text{tot}} = 8 + 20 = 28 \Omega$

b Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

- $U_{\text{bron}} = 42 \text{ V} \mid R_{\text{tot}} = 28 \Omega \mid I_{\text{bron}} = \dots \text{ A}$

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

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

- $I_{1\text{tot}} = I_{\text{bron}} = 1,5 \text{ A} \mid R_{1\text{tot}} = 8,0 \Omega \mid U_{1\text{tot}} = \dots \text{ V}$

- $U_{1\text{tot}} = I_{1\text{tot}} \cdot R_{1\text{tot}} \rightarrow U_{1\text{tot}} = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ V}$

- $U_{L1} = U_{1\text{tot}} = 12 \text{ V}$ parallel $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2$

- $U_{L2} = U_{\text{bron}} - U_{1\text{tot}} \rightarrow U_{L2} = 42 - 12 = 30 \text{ V}$ serie $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2$

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

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

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

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 .

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

c Bereken de spanning over het paralleldeel.

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

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

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

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

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

OOK GOED

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

6.6 Energie en vermogen

1**

a Bereken het vermogen van de elektromotor.

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

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

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

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

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

2**

a Bereken het vermogen van de broodrooster.

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

b Bereken de stroomsterkte door de broodrooster.

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

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

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

3**

a Hoeveel energie zet de straalkachel in een uur om?

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

b Hoe groot is de stroomsterkte door de straalkachel?

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

4**

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

- $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ watt gedurende één uur}$
- $E = P \cdot t$

- $E_{\text{el}} = 1000 \cdot 3600 \rightarrow E_{\text{el}} = 3.600.000 \text{ J}$

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

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

c Hoelang moet het verwarmingselement aanstaan

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

OOK GOED

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

5***

a Reken de gegevens om:

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

b Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

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

c Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

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

d Hoeveel energie is dit uitgedrukt in kWh?

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

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

- één ontlading geeft 33,333 kWh

- verhoudingstabel:

dagen	365	x
kWh	3500	33,333

- kruislings vermenigvuldigen:

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

6**

a Hoe groot is het vermogen tijdens de ontlading?

- $R = 0,10 \, \Omega$ | $I = 1000 \text{ A}$ | $U = \dots \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow U = 1000 \cdot 0,1 \rightarrow U = 100 \text{ V}$
- $P = U \cdot I \rightarrow P = 100 \cdot 1000 = 100.000 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ W}$

b Hoeveel elektrische energie wordt er bij de ontlading omgezet?

- $P = 100.000 \text{ W}$ | $t = 0,050 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 100.000 \cdot 0,05 = 5000 = 5,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

7***

a Bereken het vermogen van de stofzuiger.

- verhoudingstabel

euro's	0,20	30
kWh	1	x

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

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

b Bereken de stroomsterkte als stofzuiger aan staat.

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

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

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

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

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

e Bereken het vermogen van de eco-stofzuiger.

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

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

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

b Hoeveel energie kost het roosteren van een boterham?

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

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

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

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

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

OOK GOED

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

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

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

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

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

c Wat weet je van de spanning over L_1 ?

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

d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?

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

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

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

11* a** Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd?

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

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

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

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

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

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

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

c Wat weet je van de stroomsterkte door L_1 ?

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

d Wat weet je van de weerstand van L_1 ?

- door L_1 gaat de meeste stroomsterkte
- de spanning over de drie lampen is gelijk

- $U = I \cdot R \rightarrow R = \frac{U}{I}$
- U is voor iedere lamp hetzelfde en I_1 is groter dan I_2 en I_3
- R_1 is kleiner dan R_2 en R_3
- e Leg uit of hierdoor de lampen L_2 en L_3 feller, minder fel of even fel branden.
 - $U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = U_3$ verandert niet
 - R_2 en R_3 veranderen ook niet
 - $U = I \cdot R$
 - I_2 en I_3 veranderen niet
 - $P = U \cdot I$
 - P_2 en P_3 veranderen niet $\rightarrow L_2$ en L_3 blijven even fel branden

- 13***** a Leg uit of de felheid waarmee L_1 en L_2 branden verandert als L_3 wordt toegevoegd? Wordt de felheid van L_1 en L_2 groter, kleiner of blijft de felheid gelijk?
- door het toevoegen van L_3 verandert de spanning over L_1 en L_2 en de stroomsterkte door L_1 en L_2 niet
 - $P = U \cdot I$
 - voor L_1 en L_2 blijven zowel U als I gelijk
 - P verandert niet af $\rightarrow$ de lampen L_1 en L_2 branden even fel
- b Leg uit de drie parallel geschakelde lampen samen meer licht, minder licht of evenveel licht produceren dan twee lampen parallel.
- door toevoeging van L_3 wordt de totale weerstand kleiner
 - $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_{\text{tot}}$
 - U_{bron} blijft gelijk en R_{tot} neemt af $\rightarrow I_{\text{bron}}$ neemt toe
 - $P_{\text{bron}} = U_{\text{bron}} \cdot I_{\text{bron}}$
 - P_{bron} neemt toe $\rightarrow$ per seconde wordt er meer licht geproduceerd
 - de totale hoeveelheid licht neemt toe

- 14****** a Bereken de stroom I_{tot} door het circuit.
- $I_{\text{tot}} = I_1 = I_2$
 - $U_1 = I_1 \cdot R_1 \rightarrow U_1 = I_1 \cdot 50$
 - $P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow 0,08 = I_1 \cdot 50 \cdot I_1 = 50 \cdot I_1^2$
 - $0,08 = 50 \cdot I_1^2 \rightarrow I_1^2 = \frac{0,08}{50} = 1,6 \cdot 10^{-3} \rightarrow I_1 = 0,040 \text{ A}$
 - $I_{\text{bron}} = I_1 = 0,040 \text{ A}$
- b Bereken de spanning over R_1 ($=U_1$).
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
 - $U_1 = 0,040 \cdot 50 = 2,0 \text{ V}$

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

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

d Bereken R_2 .

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

15**** **a** Bereken U_{bron} .

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

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

- $U_{\text{bron}} = U_1$
- $U_1 = I_1 \cdot R_1$
- $3 = I_1 \cdot 50 \rightarrow I_1 = 0,060 \text{ A}$

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

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

d Bereken R_2 .

- $U_{\text{bron}} = U_2$
- $U_2 = I_2 \cdot R_2$
- $3 = 0,2 \cdot R_2 \rightarrow R_2 = 15 \Omega$

16**** **a** Bereken de spanning over R_2 .

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

b Bereken de spanning over R_1 .

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

c Bereken de stroomsterkte die de spanningsbron levert.

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

d Bereken de stroomsterkte door R_3 .

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

e Bereken R_3 .

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

17****

a Bereken R_1 .

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

b Bereken het vermogen van de lamp.

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

Batterijen en accu's

18***

a Hoeveel energie kan er in deze batterij worden opgeslagen?

- $U = 1,2 \text{ V} \mid \text{capaciteit} = 0,7 \text{ Ah} \mid E_{\text{el}} = \dots \text{ Wh}$
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$
- $E_{\text{el}} (\text{Wh}) = U \cdot \text{capaciteit} (\text{Ah}) \rightarrow E_{\text{el}} (\text{Wh}) = 1,2 \cdot 0,7 = 0,84 \text{ Wh}$

b Hoeveel kWh is dit?

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

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

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

d Hoeveel kWh kan er in deze batterij worden opgeslagen?

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

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

- maak verhoudingstabel:

euro's	0,45	x
kWh	$2,25 \cdot 10^{-3}$	1

- kruislings vermenigvuldigen:

$$1 \cdot 0,45 = 2,25 \cdot 10^{-3} \cdot x \rightarrow x = 200 \rightarrow \text{één kWh energie uit een batterij kost € 200}$$

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

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

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

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

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

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

b Hoe groot is de weerstand R van de klok?

- $E_{\text{el}} = 2 \cdot 0,705 = 1,41 \text{ Wh}$ twee batterijen
- $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t \rightarrow E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t$

- $1,41 = 6,0 \cdot I \cdot 365 \cdot 24 \rightarrow I = 2,68265 \cdot 10^{-5} \text{ A}$ $U = 2 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ V}$
- $U = I \cdot R \rightarrow 6 = 2,68265 \cdot 10^{-5} \cdot R \rightarrow R = 2,2366 \cdot 10^5 = 2,2 \cdot 10^5 \Omega$

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

- $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot (1,0 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,00531 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
- $E_{\text{el}} = 0,705 \text{ Wh} = 7,05 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}$
- energiedichtheid in kWh / m³ $\rightarrow \frac{7,05 \cdot 10^{-4}}{1,00531 \cdot 10^{-6}} = 701,28 = 7,0 \cdot 10^2 \text{ kWh / m}^3$

d Komt dit overeen met je antwoord op vraag c?

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

21****

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

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

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

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

c Hoe groot is de energiedichtheid in Wh/kg?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

c Bereken de actieradius van de auto bij topsnelheid.

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

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

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

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

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

b Bereken de lading die de powerbank kan opslaan.

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

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

- de powerbank kan niet meer energie afgeven dan is opgeslagen

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

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

d Bereken hoelang de powerbank de maximale stroomsterkte kan leveren.

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

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