

Overall Natuurkunde 3 V

Uitwerkingen

Hoofdstuk 3 Elektriciteit

3.1 Elektriciteit en lading

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.

- a** In een atoom zitten elektronen, protonen en neutronen.
- b** De elektronen zijn negatief geladen, de protonen zijn positief geladen en de neutronen zijn neutraal.

A2

- a** De deeltjes die bewegen in een stroomdraad zijn de elektronen.
- b** Wanneer de stroom van rechts naar links beweegt, gaan de elektronen juist van links naar rechts.

A3

De spanning (in volt) geeft aan hoeveel energie de lading meekrijgt.

A4

In een stroomkring gaat de stroom buiten de bron om van de **pluspool** naar de **minpool**, de elektronen gaan juist van de **minpool** naar de **pluspool**.

B5

- a** 1,200 A **b** 0,450 A **c** 80 000 A **d** 0,0000004 A
- a** 2818 mA **b** 347 mA **c** 263 000 000 mA **d** 0,070 mA

B6

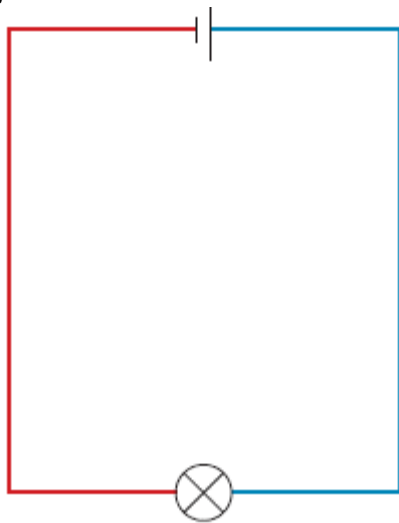
- a** De stroomkring is onderbroken, dus er loopt geen stroom en de gloeidraad gaat niet meer gloeien.
- b** Het maakt niet uit of de draad voor of achter het lampje is doorgeknipt; als er geen gesloten stroomkring is, dan gaat de gloeidraad niet meer gloeien omdat er geen stroom loopt.
- c** Er is alleen sprake van energietransport als er stroom is. Voor stroom is een gesloten stroomkring nodig.

B7

- a** Spanning veroorzaakt stroom.
- b** Je kunt het op twee manieren bekijken: vanuit krachten en vanuit energie.
Via krachten: bij een batterij is er een ladingsverschil tussen de plus- en minpool. Dit ladingsverschil veroorzaakt een elektrische kracht. Door die kracht gaan de elektronen van de min- naar de pluspool bewegen.
Via energie: door het ladingsverschil bij de batterij willen de elektronen naar de pluspool van de spanningsbron. Hierdoor krijgen de elektronen energie die ervoor zorgt dat ze zich kunnen verplaatsen.
Opmerking: in latere hoofdstukken en ook eventueel in de bovenbouw zul je vaker tegenkomen dat je beweging zowel kunt beschrijven via een krachtenbeschouwing, als via een energiebeschouwing. Het is afhankelijk van de situatie wat het handigste werkt.
- c** De spanning wordt veroorzaakt doordat de batterij elektronen 'pompt', waardoor het ladingsverschil ontstaat.

B8

a, b



C9

De spanningbron
De stroomkring
Het lampje

De ketel
Het buizenstelsel
De radiator

C10

- a Het staat niet 'onder' stroom, er gaat juist stroom doorheen.
b Je zegt ofwel: 'er gaat stroom doorheen' of je zegt: 'iets staat onder spanning'.

C11

Materialen zijn opgebouwd uit neutrale atomen. Die atomen bevatten evenveel positieve protonen als negatieve elektronen. Als er dus elektronen vanaf gaan, dan blijven er meer protonen over dan dat er elektronen zijn. Het materiaal is dan positief geladen.

C12

Als de pvc-buis de haren aantrekt, dan hebben de haren en de pvc-buis een verschillende lading. De pvc-buis is negatief geladen, dus dan zijn de haren positief geladen. Als de haren afgestoten worden, zijn de ladingen hetzelfde en dus zijn de haren dan negatief geladen.

C13

- a De spanning op het stopcontact in Nederland is 230 V.
b We hebben in Nederland op het stopcontact wisselstroom.
c Bij gelijkstroom blijft de stroom altijd in dezelfde richting lopen. Bij wisselstroom keert de stroom telkens om van richting. Eén keer de ene en één keer in de andere richting en dit gebeurt 50 keer per seconde in Nederland.

+14

- a In 1 seconde loopt er dus 3 C door de draad.
De lading van één elektron is $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
Dan moeten er $\frac{3}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,9 \cdot 10^{19}$ elektronen per seconde door de draad stromen.
b De lading van een miljard elektronen is $10^9 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$.
Er stroomt 3 C/s door de draad, dus na $\frac{1,6 \cdot 10^{-10}}{3} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ s}$ zijn de miljard elektronen door de draad gegaan.

+15

- a** De Na^+ -ionen worden door de minpool aangetrokken en door de pluspool afgestoten. Ze gaan naar het plaatje dat verbonden is met de minpool. Dat is plaatje 2. De Cl^- -ionen worden juist afgestoten door de minpool en aangetrokken door pluspool. Zij gaan naar het plaatje dat verbonden is met de pluspool. Dit is plaatje 1.
- b** Er is lading in beweging, dus er is stroom. Het zijn in dit geval de ionen die bewegen en niet de afzonderlijke elektronen.
- c** Zoals je ziet in deze opgave kan er door water dus stroom lopen. Water is een goede geleider. Als je nat bent en je raakt een stopcontact aan, kan er dus ook stroom door jou gaan lopen. Dat is gevaarlijk.

Opmerking: het extra gevaar van nat zijn komt ook doordat dat je huid, die normaal gesproken stroom goed tegenhoudt, de stroom veel makkelijker doorlaat als je huid nat is.

3.2 Geleidbaarheid en weerstand

A16

- a Symbool R met eenheid ohm (Ω).
- b Symbool G met eenheid siemens (S).
- c $G = \frac{I}{U}$
- d $R = \frac{U}{I}$
- e $R = \frac{1}{G}$ en $G = \frac{1}{R}$

A17

Ohmse weerstanden hebben een constante geleidbaarheid. De grafiek in het (I, U) -diagram is dan een rechte lijn door de oorsprong. Bij niet-ohmse weerstanden is het geen rechte lijn en dus is de geleidbaarheid ook niet constant.

A18

Bij een grafiek van een recht evenredig verband wordt, als de waarde van de ene grootheid n maal zo groot wordt, de andere waarde ook n maal zo groot. En de grafiek gaat door de oorsprong.

B19

- a De eerstgenoemde van het (T, W) -diagram staat altijd op de verticale as. Dus de T staat op de verticale as en de W op de horizontale as.
- b Dit is het (Z, B) -diagram.
- c De grootheid waarvan je de waarde zelf bepaalt (dit wordt ook wel de onafhankelijke grootheid genoemd), in dit geval N , wordt op de horizontale as gezet en de C komt dus verticaal.
- d Dit is het (C, N) -diagram.

B20

- a Per volt is de stroomsterkte 3 A groter (I is 3 keer U), dus bij $U = 7$ V wordt $I = 21$ A.
- b Als $I = 10,7$ A, dan moet de spanning $\frac{1}{3}$ deel hiervan zijn, dus $U = 3,6$ V.
- c Omdat er hier een recht evenredig verband is tussen stroom en spanning, maakt het niet uit welke bij elkaar horende waarden je gebruikt (behalve $U = 0$ en $I = 0$). Berekening:

$$G = \frac{I}{U} = \frac{21}{7} = 3 \text{ S.}$$
- d Berekening: $R = \frac{U}{I} = \frac{7}{21} = 0,33 \Omega$.

B21

- a $20 \text{ mA} = 0,020 \text{ A}$, dus $R = \frac{U}{I} = \frac{9}{0,020} = 450 \Omega$.
- b Manier 1: $G = \frac{I}{U} = \frac{0,020}{9} = 0,0022 \text{ S}$.
 Manier 2: $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{450} = 0,0022 \text{ S}$.

B22

- a De helling (ook wel steilheid of richtingscoëfficiënt genoemd) is wiskundig gezien gelijk aan: $\text{helling} = \frac{y}{x}$, maar hier wordt dat: $\text{helling} = \frac{I}{U} = \frac{3}{1} = 3 \text{ S}$ voor het eerste punt en voor het tweede punt krijgt ze dezelfde uitkomst: $\text{helling} = \frac{6}{2} = 3 \text{ S}$
- b Myrthe heeft twee punten genomen die dicht bij elkaar en dicht bij de oorsprong liggen. Afleesfouten kunnen dan te veel invloed hebben op de einduitkomst. Daarnaast had Myrthe voor "helling" de geleidbaarheid of G in moeten vullen. Verder heeft Myrthe ook verzuimd om minimaal de helft van de grafiek te gebruiken.

- c Myrthe heeft een lijn getrokken door het gemiddelde van alle gemeten waarden. Dit is goed en zij moet dan voor de berekening een punt gebruiken dat op deze lijn ligt en dat bij voorkeur zo ver mogelijk van de oorsprong verwijderd is (om er zeker van te zijn dat zij minimaal de helft van de grafiek gebruikt). Hier moet zij dus kiezen voor (7,20). Ze zal dan bij de berekening vinden dat:
- $$G = \frac{I}{U} = \frac{20}{7} = 2,86 \text{ S.}$$

B23

- a $R = \frac{U}{I} = \frac{230}{16} = 14,4 \Omega$
- b $G = \frac{I}{U} = \frac{0,04}{230} = 0,00017 \text{ S}$
- c De formule omzetten geeft: $I = \frac{U}{R} = \frac{230}{33} = 6,97 \text{ A.}$
- d De formule omzetten en I omzetten van mA naar A geeft: $U = \frac{I}{G} = \frac{0,750}{0,2} = 3,8 \text{ V.}$

B24

De spanningszoeker bevat een heel klein lampje. Dit gaat branden wanneer er een hele kleine stroom door gaat. Stroom is er pas wanneer er spanning is en wanneer de stroomkring gesloten is. Degene die de spanningszoeker vasthoudt is onderdeel van de stroomkring. Om veilig met de spanningszoeker te kunnen werken moet de weerstand heel groot zijn, want er mag maar een heel klein stroompje door iemands lichaam gaan.

C25

- a Dunne draadjes hebben een kleinere geleidbaarheid (een kleine hellingshoek in fig. 3.7) dan dikke draadjes. De weerstand van de gloeidraad is dus groter dan die van het aansluitsnoer. De stroomsterkte is in het aansluitsnoer hetzelfde als in de lamp. Hoe groter de weerstand is, hoe groter de warmteontwikkeling is.
- b Het verlengsnoer heeft maar heel weinig weerstand, waardoor de stroomsterkte niet merkbaar afneemt. Dit komt door de dikte, maar ook door het materiaal. Het binnenste van het verlengsnoer is gemaakt van koper en dat geleidt stroom heel erg goed. Wanneer er meer dan 100 m verlengsnoer wordt gebruikt, zal men het wel gaan merken.

C26

- a De constantaandraad van 1,20 m is 6 maal zo lang, dus de weerstand is ook 6 maal zo groot. Als de weerstand 6 maal zo groot is, loopt er bij die spanning een 6 maal zo kleine stroom. Er loopt dan een stroom van $330 / 6 = 55 \text{ mA.}$
- b De grafiek heeft een kleinere helling omdat er bij dezelfde spanning minder stroom door de draad loopt. Vergelijk dit met het dunne draadje in fig. 3.7; die heeft ook een grotere weerstand.

C27

- a De helling wordt dan: $\text{helling} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ en de eenheid is dan kg/m^3
- b Dit is dichtheid.
- c Andere voorbeelden zijn: afstand en tijd (de helling is dan de snelheid), kracht en uitrekking veer (veerconstante), elektrische energie en tijd (vermogen).

C28

Nee, dit is niet het geval. Als je de grootheid x n keer zo groot maakt, dan lees je in de grafiek af dat de grootheid y dan stijgt van $x - 1$ tot $nx - 1$ en dat is niet n keer zo groot. Cijfervoorbeeld: Als de grootheid x verdubbelt van bijvoorbeeld $x = 2$ naar $x = 4$, dan lees je in de grafiek af dat de grootheid y verandert van $y = 1$ naar $y = 3$. De grootheid y wordt in dat geval drie keer zo groot.

C29

- a Aflezen bij $U = 4,0 \text{ V}$ geeft $I = 0,41 \text{ A.}$ Berekening: $R = \frac{U}{I} = \frac{4,0}{0,41} = 9,8 \Omega.$
- b Deze waarde van de weerstand komt overeen met de helling van de lijn van de oorsprong tot het punt $U = 4,0 \text{ V}$ en $I = 0,41 \text{ A.}$ In het punt bij 4 V loopt de grafiek veel vlakker dan deze lijn, dus is de helling van de grafiek bij 4 V ook kleiner.

+30

De helling in het (I, U) -diagram is de geleidbaarheid. Hoe hoger de spanning wordt, hoe kleiner de helling in het diagram. Als de temperatuur stijgt, wordt de geleidbaarheid kleiner en dus de weerstand groter.

3.3 Parallel en serie

A31

- a** Over alle weerstanden die parallel staan is de spanning gelijk, ongeacht de grootte van de weerstanden.
- b** De stroomsterkte wordt in een parallelschakeling verdeeld over de weerstanden. Hoe kleiner de weerstand, hoe groter de geleidbaarheid en hoe groter de stroom die erdoorheen gaat.

A32

- a** In een serieschakeling wordt de spanning verdeeld over de weerstanden, waarbij over de grootste weerstand de meeste spanning staat.
- b** De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot.

A33

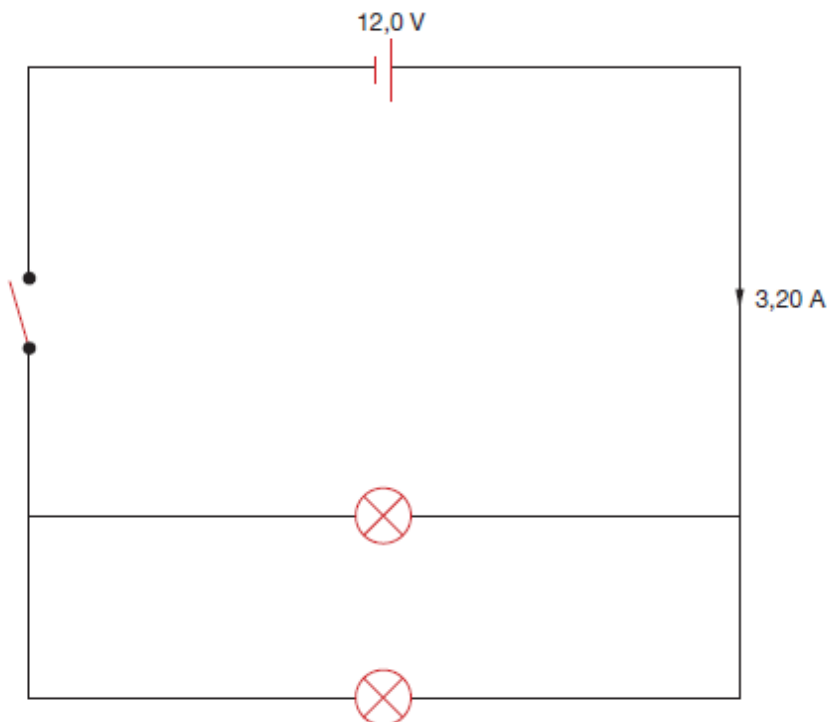
- a** Bereken de totale geleidbaarheid door de geleidbaarheid van beide weerstanden bij elkaar op te tellen. Bereken daarna de stroomsterkte door de netspanning te delen door de totale geleidbaarheid.
- b** Bereken de totale weerstand door die van beide weerstanden bij elkaar op te tellen. Bereken daarna de stroomsterkte door de netspanning te delen door de totale weerstand.

B34

De ijzerdraad en de aluminiumdraad zijn parallel geschakeld.

B35

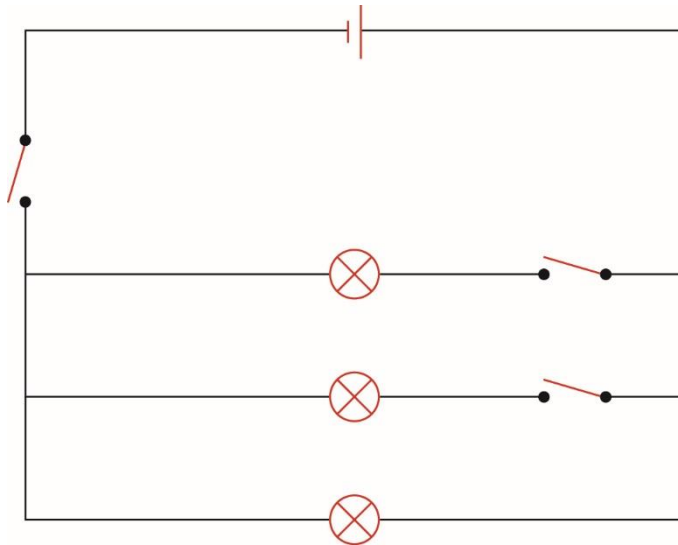
a



- b** De spanning is over beide koplampen 12,0 V (gelijk aan de bronspanning) en de stroomsterkte wordt verdeeld over beide koplampen. Doordat het identieke lampen zijn, wordt de stroom gelijk verdeeld, dus 1,60 A per lamp.
- c** $R = \frac{U}{I} = \frac{12,0}{1,60} = 7,5 \Omega$

B36

a



- b De lampjes branden allemaal even fel als de schakelaars gesloten zijn, want het zijn identieke lampjes en dan gaat er door ieder lampje evenveel stroom. Als de schakelaar(s) open zijn gaat er door die lamp(en) geen stroom, maar door het onderste lampje nog wel steeds. Het blijft echter evenveel als wanneer de schakelaars wel gesloten waren.

B37

a Berekening: $I = \frac{U}{R_1} = \frac{120}{10} = 12 \text{ A}$

b Eigen voorspelling.

c $G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ S}$ en $G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ S}$.

d Bereken eerste de totale geleidbaarheid: $G_{\text{totaal}} = G_1 + G_2 = 0,1 + 0,01 = 0,11 \text{ S}$, en vervolgens de stroomsterkte die de bron levert: $I_{\text{bron}} = G_{\text{totaal}} \cdot U = 0,11 \times 120 = 13,2 \text{ A}$

e Vergelijk met jouw eigen voorspelling.

de totale stroomsterkte in de rechter figuur wordt groter, want de stroom door de weerstand van 10Ω is even groot als in de linker figuur EN er gaat ook stroom lopen door de weerstand van 100Ω .

B38

a $I = \frac{U}{R_1} = \frac{120}{75} = 1,6 \text{ A}$

b Eigen voorspelling.

c Bereken eerst de totale weerstand: $R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 = 75 + 3,0 = 78 \Omega$ en vervolgens de stroomsterkte: $I_{\text{bron}} = \frac{U}{R_{\text{totaal}}} = \frac{120}{78} = 1,54 \text{ A}$.

d Vergelijk met jouw eigen voorspelling.

De totale stroomsterkte in de rechter figuur wordt kleiner, want iedere extra weerstand in serie (al is de weerstandswaarde nog zo klein) zorgt ervoor dat de totale weerstand toeneemt en dat de stroomsterkte dus ook afneemt.

C39

a $R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 30 = 60 \Omega$, dus $I_{\text{bron}} = \frac{U_{\text{bron}}}{R_{\text{totaal}}} = \frac{12}{60} = 0,20 \text{ A}$.

b Om de spanning over weerstand R_1 te berekenen wordt ook hier de wet van Ohm toegepast:

$$U_{R_1} = I_{\text{bron}} \cdot R_1 = 0,20 \times 10 = 2,0 \text{ V}.$$

Controle: R_1 is ook $\frac{1}{6}$ van de totale weerstand, dus de spanning over R_1 is $\frac{1}{6}$ van de totale spanning van 12 V , dus 2 V .

C40

Bij een serieschakeling is de spanning evenredig verdeeld met de weerstanden, dus:

$$U_{lamp} = \frac{4}{3} \text{ maal } U_R. \text{ Dus } U_{lamp} = \frac{4}{3} \times 9 = 12 \text{ V.}$$

$$U_{bron} = U_{lamp} + U_R = 12 + 9 = 21 \text{ V.}$$

$$\text{Controle: } I = \frac{U_R}{R} = \frac{9}{3} = 3 \text{ A. En } U_{lamp} = I \cdot R_{lamp} = 3 \times 4 = 12 \text{ V.}$$

C41

Als je de schakelaar sluit, gaat de stroom door de schakelaar en niet meer door het rechter lampje. Het rechterlampje gaat uit. Het linker lampje gaat feller branden, omdat de weerstand in de stroomkring nu nog maar de helft is en er dus veel meer stroom gaat lopen.

C42

- a** De blower mag zelf ook gezien worden als een weerstand van 50Ω . Er is dus sprake van een serieschakeling van twee weerstanden. De totale weerstand in de kring is dan:

$$R_{\text{totaal}} = R_{\text{blower}} + R_{\text{weerstand}}.$$

Hieruit blijkt dat de totale weerstand het kleinste is wanneer je de schakelaar op stand 1 zet (10Ω). Dan is de stroomsterkte dus het grootst.

- b** De spanning van de bron wordt verdeeld over de blower en de schakelaar. Hoe kleiner de gekozen weerstand, hoe lager de spanning over de weerstand zal zijn. Hoe kleiner de spanning over de weerstand, hoe groter de spanning over de blower.
- c** In stand 1 zijn zowel de spanning over de blower als de stroom door de blower maximaal. De blower zal dan het hardst blazen.

C43

- a** In parallelschakeling **a** is de spanning over beide lampjes $6,0 \text{ V}$, in serieschakeling **b** is de spanning over de lampjes nog $3,0 \text{ V}$ en in serieschakeling **c** is de spanning $2,0 \text{ V}$, dus in schakeling **a** is de spanning het grootst.
- b** Door het lampje waar de grootste spanning overheen staat, zal de grootste stroom doorheen gaan. Dus schakeling **a**.
- c** De volgorde van fel naar zwak is: **a – b – c**.

C44

- a** De bovenste weerstanden staan in serie, dus de totale weerstand = $10 + 10 = 20 \Omega$.
- b** Er geldt voor een parallelschakeling: $G = \frac{1}{R}$ en $G_{\text{tot}} = G_1 + G_2$
 $G_1 = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ S}$ en $G_2 = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ S}$, dus $G_{\text{tot}} = 0,05 + 0,10 = 0,15 \text{ S}$.
- c** $I = G \cdot U = 0,15 \times 12 = 1,8 \text{ A}$
- d** De beide takken staan parallel, dus spanning over de bovenste tak is 12 V . De weerstanden in deze tak staan in serie, dus de spanning verdeelt zich evenredig met de weerstanden. Omdat de weerstanden even groot zijn, staat er over iedere weerstand de helft van de 12 V , oftewel 6 V .
 Controle: De stroom door de bovenste tak is: $I = G \cdot U = 0,05 \times 12 = 0,6 \text{ A}$.
 Spanning over eerste weerstand: $U = I \cdot R = 0,6 \times 10 = 6 \text{ V}$.
- e** De spanning verandert niet, want over deze tak blijft altijd de spanning van 12 V staan.

C45

- a+b** Lampje 1 en 2 blijven beide op gelijke sterkte branden. De lampjes zitten wel op een andere plaats in de schakeling, maar de geleidbaarheid en de weerstand van beide lampjes is niet veranderd en ook de totale geleidbaarheid en totale weerstand van de schakeling is niet veranderd. Hierdoor zijn de stroom door en de spanning over de lampjes niet veranderd.

C46

- a** De beide batterijen zijn achter elkaar geschakeld (dus in serie geschakeld) en het zijn AA-batterijen die 1,5 V spanning hebben.
 Dan wordt de spanning: $U_{\text{totaal}} = U_{\text{bron1}} + U_{\text{bron2}} = 1,5 + 1,5 = 3,0 \text{ V}$.
- b** Hier zitten beide batterijen naast elkaar (dus parallel geschakeld) en het zijn AA-batterijen die 1,5 V spanning hebben. Er geldt nu: $U_{\text{totaal}} = U_{\text{bron1}} = U_{\text{bron2}} = 1,5 \text{ V}$.
- c** Iedere batterij heeft een bepaalde hoeveelheid energie. Door twee batterijen parallel te zetten, heb je dus dubbel zo veel energie beschikbaar en kan het apparaat langer werken voor je de batterijen hoeft te wisselen.

+47

- a** Als een spiraalveer.
- b** In stand D is de totale weerstand in de kring het grootst en dus de stroom door en de spanning over de ventilator het kleinst. Stand D zal daarom het zachtst draaien.
- c** In stand A is de totale weerstand in de kring het kleinst, dus de stroom door en de spanning over de ventilator het grootst. Stand A zal daarom het hardst draaien.

+48

- a** De weerstand R_{tot} van de hele schakeling is: $R_{\text{tot}} = \frac{U}{I} = \frac{3}{2} = 1,5 \Omega$.
 Dit is de weerstand van 1Ω -weerstand in serie met de parallelschakeling. Die parallelschakeling heeft dan een weerstand van $1,5 - 1 = 0,5 \Omega$ en een geleidbaarheid $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ S}$.
 Bij een parallelschakeling reken je met de geleidbaarheid. De geleidbaarheid van de 2Ω -weerstand is $G = \frac{1}{R} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ S}$, zodat de geleidbaarheid van de onbekende weerstand $2 - 0,5 = 1,5 \Omega$ is. De onbekende weerstand is dan $R_{\text{on}} = \frac{1}{S} = \frac{1}{1,5} = 0,67 \Omega$.
- b** Als je de weerstand van 2Ω door een grotere weerstand vervangt, is de geleidbaarheid van die weerstand kleiner en dus is ook de geleidbaarheid van de parallelschakeling ($G_{\text{tot}} = G_1 + G_2$) kleiner en wordt de weerstand groter.
Manier 1: Als de weerstand van de parallelschakeling groter is, komt er dus hierover meer spanning te staan (want de bronspanning U_{bron} is evenredig verdeeld met de weerstanden) en dus minder spanning over de 1Ω -weerstand.
Manier 2: De weerstand van de parallelschakeling staat in serie met de 1Ω -weerstand en dus wordt de weerstand in de hele schakeling groter en daardoor de stroom kleiner dan 2 A. Als er een kleinere stroom door de 1Ω -weerstand gaat, is de spanning over de weerstand ook kleiner.

3.4 Energie en vermogen

A49

Het vermogen geeft aan hoeveel energie er iedere seconde door een elektrisch apparaat wordt gebruikt.

A50

- a kWh is een grotere eenheid van energie ($1,0 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$), waarin J staat voor Joule.
- b Ws is een kleinere eenheid van energie ($1,0 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$).
- c W is de eenheid van vermogen ($1,0 \text{ W} = 1,0 \text{ J/s}$).
- d Het is niet kilowatt per uur, maar kilowatt keer uur.

A51

- $P = U \cdot I$
- $P = \frac{E}{t}$

B52

a Omzetten formule en invullen geeft: $U = \frac{P}{I} = \frac{12}{0,5} = 24 \text{ V}$.

b $I = \frac{P}{U} = \frac{5}{6} = 0,83 \text{ A}$.

B53

a Bij topsnelheid is het vermogen maximaal: P is $2,4 \text{ kW} = 2400 \text{ W}$. $I = \frac{P}{U} = \frac{2400}{48} = 50 \text{ A}$.

b Bij een lagere snelheid wordt er per seconde minder energie omgezet, dus is er minder vermogen nodig en gelden deze waarden niet. De spanning blijft gelijk, maar de stroomsterkte wordt dan minder groot.

B54

a $2,5 \text{ kWh} = 2,5 \times 3\,600\,000 = 9\,000\,000 \text{ J} = 9 \text{ MJ}$ (*megajoule*).

b Bereken eerst het vermogen. Reken eerst de spanning ($6 \text{ MV} = 6\,000\,000 \text{ V}$) en de stroom ($30 \text{ kA} = 30\,000 \text{ A}$) om en vul in: $P = U \cdot I = 6\,000\,000 \times 30\,000 = 180\,000\,000\,000 \text{ W}$.

Zet de formule om en reken de tijd uit: $t = \frac{E}{P} = \frac{9\,000\,000}{180\,000\,000\,000} = 0,00\,005 \text{ s}$.

Handiger is het om hele grote en hele kleine getallen als machten van 10 te schrijven. De

berekening wordt dan: $t = \frac{E}{P} = \frac{9 \cdot 10^6}{18 \cdot 10^{10}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$.

B55

Een elektrisch apparaat met $P = 1000 \text{ W}$ ($= 1 \text{ kW}$) werkt gedurende 1 h ($= 3600 \text{ s}$). Het energieverbruik is te berekenen met $E = P \cdot t$. Dit kan op twee manieren:

Manier 1: $E = P \cdot t = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$.

Manier 2: $E = P \cdot t = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh}$.

Hieruit volgt dat $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$.

B56

a Vermogen snellader: $P = U \cdot I = 500 \times 120 = 60\,000 \text{ W}$ In 30 minuten ($= 30 \times 60$ seconden) kan de snellader maximaal leveren:

$E = P \cdot t = 60\,000 \times 30 \times 60 = 108\,000\,000 \text{ J}$

b $P = 60 \text{ kW}$, dus $E = P \cdot t = 60 \times 2 = 120 \text{ kWh}$

c Thuis is het vermogen maximaal: $P = U \cdot I = 230 \times 16 = 3680 \text{ W} = 3,68 \text{ kW}$.

Zet de formule om en reken de tijd uit: $t = \frac{E}{P} = \frac{20}{3,68} = 5,4 \text{ h} = 5 \text{ h } 26 \text{ min}$.

B57

- a** Het totale vermogen is de optelsom van alle afzonderlijke vermogens.
Dus: $P_{\text{totaal}} = P_{\text{wasmachine}} + P_{\text{tv}} + P_{\text{karaoke}} = 1500 + 800 + 220 = 2520 \text{ W}$.
- b** Omzetten formule en berekenen geeft: $I_{\text{groep}} = \frac{P_{\text{totaal}}}{U} = \frac{2520}{230} = 11,0 \text{ A}$.

C58

- a** Een lamp zal feller branden als er per seconde meer energie wordt omgezet. De felste lamp heeft dus het grootste vermogen. In dit geval de koplamp.
- b** Om bij gelijke spanning een groter vermogen te krijgen, moet de stroom ook groter zijn. Door de koplamp is de stroomsterkte dus het grootst.
- c** Hoe groter de weerstand, hoe kleiner de stroomsterkte. Dus de lamp waar bij dezelfde spanning de kleinste stroom doorheen gaat, heeft de meeste weerstand. De weerstand van het achterlicht is dus het grootst.

C59

- a** Bereken eerst de stroomsterkte: $I_{R_1} = \frac{U}{R} = \frac{5,0}{2,0} = 2,5 \text{ A}$.
en dan het vermogen: $P = U \cdot I = 5,0 \times 2,5 = 12,5 \text{ W}$.
- b** En op dezelfde manier: $I_{R_2} = \frac{U}{R} = \frac{5,0}{3,0} = 1,67 \text{ A}$
 $P = U \cdot I = 5,0 \times 1,67 = 8,3 \text{ W}$.
- c** Bereken eerst de totale geleidbaarheid: $G_{\text{totaal}} = G_{R_1} + G_{R_2} = 0,5 + 0,33 = 0,83 \text{ S}$ en vervolgens de totale stroomsterkte: $I_{\text{totaal}} = G_{\text{totaal}} \cdot U = 0,83 \times 5,0 = 4,17 \text{ A}$.
Dit was ook op te lossen geweest via: $I_{\text{totaal}} = I_{R_1} + I_{R_2} = 2,5 + 1,67 = 4,17 \text{ A}$.
 $P_{\text{totaal}} = U \cdot I_{\text{totaal}} = 5,0 \times 4,17 = 20,8 \text{ W}$.
- d** $P_{R_1} = U \cdot I_{R_1} = 5,0 \times 2,5 = 12,5 \text{ W}$. *Opmerking: dit geeft dezelfde uitkomst als bij a.*
- e** $P_{R_2} = U \cdot I_{R_2} = 5,0 \times 1,67 = 8,3 \text{ W}$. *Opmerking: dit geeft dezelfde uitkomst als bij b.*
- f** Het totale vermogen van de parallelschakeling is **gelijk aan** de optelsom van de individuele vermogens.

C60

- a** Bereken eerst de totale weerstand: $R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 = 2,0 + 3,0 = 5,0 \Omega$, vervolgens de stroomsterkte: $I = \frac{U}{R_{\text{totaal}}} = \frac{5,0}{5,0} = 1,0 \text{ A}$ en daarmee het totale vermogen:
 $P_{\text{totaal}} = U \cdot I = 5,0 \times 1,0 = 5 \text{ W}$.
- b** Bereken eerst de spanning: $U_{R_1} = I \cdot R_1 = 1,0 \times 2,0 = 2,0 \text{ V}$ en vervolgens het vermogen:
 $P_{R_1} = U_{R_1} \cdot I = 2,0 \times 1,0 = 2,0 \text{ W}$.
- c** En bereken op dezelfde manier weer de spanning: $U_{R_2} = I \cdot R_2 = 1,0 \times 3,0 = 3,0 \text{ V}$ en het vermogen: $P_{R_2} = I \cdot U_{R_2} = 1,0 \times 3,0 = 3,0 \text{ W}$.
- d** Wanneer er een extra weerstand in serie wordt geplaatst, dan neemt het vermogen van de schakeling af. Dit komt doordat de stroomsterkte in de schakeling door de extra weerstand afneemt.
- e** In een serieschakeling is het vermogen van de individuele weerstanden ook kleiner. Dit komt doordat de spanning van de bron nu verdeeld moet worden over beide weerstanden, waardoor zowel de spanning over als de stroom door de weerstanden lager is.

C61

- a** 230 V / 2,2 kW betekent dat het strijkijzer een vermogen zal hebben van 2,2 kW wanneer het wordt aangesloten op een spanning van 230 V.
- b** $2,2 \text{ kW} = 2200 \text{ W}$, dus $I = \frac{P}{U} = \frac{2200}{230} = 9,6 \text{ A}$.
- c** Het strijkijzer zal niet stuk gaan, want de spanning is lager dan waar het voor ontworpen is. Wel zal het strijkijzer minder goed werken. Het kan niet meer warm genoeg worden, omdat er bij een lagere spanning ook een kleinere stroomsterkte is. Het vermogen van het strijkijzer is dus veel kleiner.
- d** Om deze vraag goed te beantwoorden moet je eerst de weerstand van het strijkijzer berekenen met de inmiddels bekende gegevens: $R = \frac{U}{I} = \frac{230}{9,6} = 24 \Omega$.
De weerstand van het strijkijzer is bij 110 V ook 24 Ω . Nu kan de stroomsterkte berekend worden:
 $I = \frac{U}{R} = \frac{110}{24} = 4,6 \text{ A}$ en vervolgens het vermogen:
 $P = U \cdot I = 110 \times 4,6 = 505 \text{ W}$.

C62

Bereken eerst de stroomsterkte. Formule omzetten: $I = \frac{P}{U} = \frac{40}{12} = 3,3 \text{ A}$.

Weerstand: $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{3,3} = 3,6 \Omega$.

+63

- a** Uit de vraag blijkt dat stroomsterkte maal tijd in uur steeds 44 Ah moet opleveren.
In formuletaal: $I \cdot t = 44 \text{ Ah}$. Als de stroom 2,0 A is, dan kan dat dus: $\frac{44}{2,0} = 22 \text{ uur}$.
- b** $P = U \cdot I = 12 \times 2,0 = 24 \text{ W}$.
- c** De energie is op twee manieren te berekenen: in J of in kWh.
Manier 1: $E = P \cdot t = 24 \times (22 \times 3600) = 1\,900\,800 \text{ J}$ met P in W en t in s.
Manier 2: $E = P \cdot t = 0,024 \times 22 = 0,528 \text{ kWh}$ met P in kW en t in uur.

+64

- a** Als je in de formule $P = U \cdot I$ voor U de formule $U = I \cdot R$ invult, krijg je:
 $P = (I \cdot R) \cdot I = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$. De formule wordt dus: $P = I^2 \cdot R$.
- b** Als in een schakeling de stroom n keer zo groot wordt, wordt het vermogen n^2 keer zo groot.
- c** Met de beide formules: $U_n = (n \cdot I) \cdot R$ en $P_n = U_n \cdot (n \cdot I) = n \cdot I \cdot R \cdot n \cdot I = n^2 \cdot I^2 \cdot R$.
Met de formule uit de a-vraag: $P_n = (n \cdot I)^2 \cdot R = n^2 \cdot I^2 \cdot R$.
In beide gevallen wordt het vermogen dus n^2 keer zo groot.

+65

Met het lampje reken je eerst de stroom in de schakeling uit.

Omzetten formule: $I = \frac{P}{U} = \frac{6}{9} = 0,67 \text{ A}$.

De weerstand van het lampje is dan: $R_{\text{lamp}} = \frac{U}{I} = \frac{9}{0,67} = 13,5 \Omega$.

Manier 1: De totale weerstand in de stroomkring is: $R_{\text{tot}} = \frac{U_{\text{bron}}}{I} = \frac{12}{0,67} = 18 \Omega$.

De weerstand en het lampje staan in serie, dus $R = R_{\text{tot}} - R_{\text{lamp}} = 18 - 13,5 = 4,5 \Omega$.

Manier 2: In een serieschakeling is de spanning evenredig verdeeld met de weerstanden. De spanning $U_R = U_{\text{bron}} - U_{\text{lamp}} = 12 - 9 = 3 \text{ V}$.

$U_R = \frac{3}{9} \times U_{\text{lamp}} = \frac{1}{3} \times U_{\text{lamp}}$, dus de weerstand van de lamp is ook 3 maal zo klein als de weerstand R .

De weerstand R is dan $\frac{1}{3} \times 13,5 = 4,5 \Omega$.

Manier 3: $U_R = 3 \text{ V}$ (zie b), dus $R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0,67} = 4,5 \Omega$.

3.5 Elektromagnetisme

A66

- a** IJzer, nikkel, kobalt en gadolinium.
- b** Koper, aluminium en plastic.

A67

- a** Een elektromagneet kun je sterker maken door
 - de stroomsterkte door de spoel groter te maken;
 - het aantal windingen groter te maken;
 - een magnetiseerbare stof als weekijzer in de spoel te plaatsen.
- b** De opgewekte stroomsterkte kun je groter maken door:
 - de magneet sneller te laten bewegen;
 - een sterkere magneet te gebruiken;
 - een spoel met meer windingen te gebruiken.

B68

Door sneller te fietsen, gaat in de dynamo de magneet sneller ronddraaien. Hierdoor wek je een grotere stroom op.

B69

Bij magneetvissen wordt gebruik gemaakt van neodymium magneten. Dit zijn magneten die zijn opgebouwd uit meerdere metalen (een *legering* of *alliage*). Behalve neodymium zit er ook ijzer en boor in deze magneten.

B70

- a** Wanneer het aantal windingen verdubbelt, verdubbelt ook de magnetische kracht. Er kan dus 0,8 kg mee worden opgetild.
- b** Wanneer de stroomsterkte verdubbelt, verdubbelt de magnetische kracht nogmaals, dus er kan nu 1,6 kg mee worden opgetild.
- c** Het aantal windingen is $\frac{450}{100} = 4,5$ keer zo groot geworden. De stroomsterkte is: $\frac{2,8}{0,8} = 3,5$ keer zo groot geworden. De kracht van de magneet is dus: $4,5 \times 3,5 = 15,75$ keer groter dan bij de oorspronkelijke elektromagneet. Er kan nu: $15,75 \times 0,4 = 6,3$ kg mee worden opgetild.
- d** De kracht van de magneet is nu: $\frac{0,3}{0,4} = 0,75$ keer zo groot dan bij de oorspronkelijke magneet. Het aantal windingen is 4,5 keer groter. De factor waarmee de stroomsterkte is toegenomen kun je berekenen met: $4,5 \cdot \text{stroomfactor} = 0,75$. De stroomfactor is dus $\frac{0,75}{4,5} = 0,17$. De stroomsterkte is met een factor 0,17 verandert en is dus: $0,17 \times 0,8 = 0,13$ A.

B71

- a** Een voorbeeld van een transformator om spanning omlaag te transformeren is de trafo van de deurbel, van tablets en telefoons, batterijopladers, halogeen en ledverlichting, transformatoren in transformatorhuisjes in de buurt, enz.
- b** Een voorbeeld van een transformator om spanning omhoog te transformeren is de transformator bij de elektriciteitscentrale.

B72

De weekijzeren kern zorgt ervoor dat het magnetisch veld in de spoel veel sterker wordt.

C73

- a** Doordat de stroom 100 keer per seconde van richting verandert, veranderen de noord- en zuidpool van de elektromagneet ook 100 keer per seconde. Hierdoor zal een permanente magneet, die een vaste noord- en zuidpool heeft, afwisselend worden aangetrokken en afgestoten. Per saldo zal er dus niets gebeuren en blijft de permanente magneet liggen.
- b** Weekijzer zal wel worden aangetrokken, omdat het zelf geen noord- en zuidpool heeft.

C74

- a** Kg is de eenheid van massa.
- b** Wanneer je met een dergelijke magneet per ongeluk te dicht bij een metalen hek of brugleuning komt, dan zit je gelijk goed vast. De meeste mensen kunnen geen 120 kg tillen en dus kunnen ze de magneet ook niet los trekken.
Opmerking: de magneet heeft alleen zijn maximale sterkte als het hele magneetoppervlak contact maakt. Bij een brug of een hek maakt meestal slechts een deel van de magneet contact, dus hoeft je niet 120 kg te tillen om hem los te trekken.
- c** Een auto heeft al snel een massa van 1000 tot 1500 kg. De magneet moet in staat zijn om minimaal die massa te tillen en dus zal de sterkte al snel 2000 kg zijn.
Let op: het is natuurlijk wel een film en daarbij wordt je wel eens voor de gek gehouden. Het kan zijn dat alle zware onderdelen zoals de motor voor opnames zijn verwijderd waardoor de auto lichter is dan hij lijkt.

C75

- a** $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$, dus $\frac{200}{300} = \frac{12}{U_2}$. Omrekenen levert $U_2 = \frac{3}{2} \times 12 = 18$ V.
- b** $U = I \cdot R$ Formule omrekenen: $I = \frac{U}{R} = \frac{18}{16} = 1,1$ A.
- c** $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$, dus $\frac{200}{300} = \frac{1,1}{I_1}$. Omrekenen levert $I_1 = \frac{3}{2} \times 1,1 = 1,7$ A.
- d** $P_1 = U_1 \cdot I_1 = 12 \times 1,7 = 20$ W. $P_2 = U_2 \cdot I_2 = 18 \times 1,1 = 20$ W.

Bij een (ideale) transformator is het vermogen aan de primaire kant net zo groot als het vermogen aan de secundaire kant.

e,f

U_1	I_1	N_1	P_1	U_2	I_2	N_2	P_2	R_2
12	1,7	200	20	18	1,1	300	20	16
12	0,85	200	10	18	0,55	300	10	32
12	3,0	200	36	24	1,5	400	36	16
6	8	300	48	4	12	200	48	0,33
230	0,16	138	37,5	15	2,5	9	37,5	6

C76

- a** $P_1 = U_1 \cdot I_1$, dus $100 = 230 \times I_1$. Omrekenen levert $I_1 = \frac{100}{230} = 0,43$ A.
 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$, dus $\frac{1000}{1} = \frac{I_2}{0,43}$. Omrekenen levert $I_2 = 1000 \times 0,43 = 430$ A.

- b** Als je het soldeerstuk vervangt door je vingers gebeurt er niets; de secundaire spanning is laag en de weerstand van je vingers is groot, dus er loopt geen stroom.

+77

- a** Het ijzer is geen permanente magneet. Als er een magneet in de buurt komt, dan wordt het tijdelijk magnetisch. Wanneer er een noordpool in de buurt komt, dan richten de magnetische gebiedjes zich zodanig dat er in het ijzer aan de kant van de magneet een zuidpool ontstaat. De noordpool van de magneet en de zuidpool van het ijzer trekken elkaar aan.
Als de magneet wordt omgedraaid en de zuidpool komt in de buurt van het ijzer, dan ontstaat er in het ijzer aan de kant van de magneet juist een noordpool, waardoor het ook weer wordt aangetrokken.

- b** Remanent magnetisme kan alleen ontstaan in magnetiseerbare materialen zoals ijzer, nikkel, kobalt en gadolinium of in diverse alliages waar deze metalen in verwerkt zijn.
- c** De schaar zal voornamelijk uit ijzer zijn gemaakt. Dit is een goedkoop en makkelijk te bewerken materiaal. Er zijn wel stoffen aan het ijzer toegevoegd om deze harder te maken, zodat hij minder makkelijk vervormd en langer scherp blijft.

+78

- a** In de situaties 2 en 3 zal de ring gaan zweven. Dit komt doordat hier de magneten met gelijke polen naar elkaar zijn gericht waardoor zij elkaar afstoten.
- b** In situatie A zijn de krachten juist weergegeven. Wanneer F_m en F_z even groot en tegengesteld gericht zijn dan blijft de magneet op zijn plaats in de lucht hangen.
In situatie B zou de magneet naar beneden gaan bewegen en in situatie C naar boven.

Oefentoets**1**

Onjuist, want elektrische apparaten zijn er met ieder gewenst vermogen.

2

Juist, want de kWh is een grote eenheid van energie (1,0 kWh = 3,6 miljoen joule).

3

Juist, want de geleidbaarheid is omgekeerd evenredig met de weerstand.

4

Onjuist, want de geleidbaarheid van apparaat 2 is de helft van apparaat 1. Hierdoor zal apparaat 2 ook maar de helft van de stroom doorlaten die door apparaat 1 gaat.

5

C, alleen het antwoord van Rob is juist.

6

Zet het vermogen eerst om naar 1,0 kW en de energieformule naar: $t = \frac{E}{P}$ en reken vervolgens de tijd in uur uit: $t = \frac{0,7}{1,0} = 0,7$ uur. Bereken vervolgens het aantal minuten dat het strijkijzer is gebruikt:
 $0,7 \times 60 = 42$ minuten.

7

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6,0}{1,3} = 4,6 \Omega.$$

8

Methode 1: Vermogen lampje A: $P = U \cdot I = 6,0 \times 1,3 = 7,8$ W. De batterij moet drie dezelfde lampjes van energie voorzien, dus is het door de batterij geleverde vermogen drie maal zo groot als dat van lampje A: $3 \times 7,8 = 23,4$ W.

Methode 2: De stroom uit de batterij is 3 maal 1,3 A = 3,9 A.

$$P = U \cdot I = 6,0 \times 3,9 = 23,4 \text{ W.}$$

9

Als de grafiek een rechte lijn heeft, mag je ieder punt op de grafiek gebruiken behalve de oorsprong. De stroomsterkte aflezen bij 12 V spanning geeft 0,33 A.

$$\text{Dus: } G = \frac{I}{U} = \frac{0,33}{12} = 0,028 \text{ S.}$$

10

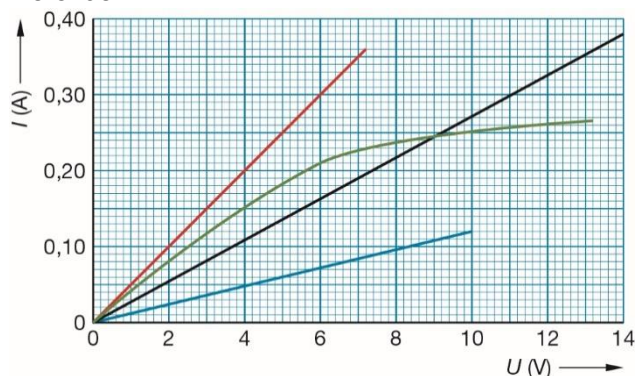
Hoe groter de geleidbaarheid, hoe meer stroom de draad doorlaat bij dezelfde spanning. De rode lijn voor een grotere geleidbaarheid moet dus steiler omhoog lopen. Zie hieronder.

11

Hoe groter de weerstand, hoe minder stroom er wordt doorgelaten bij dezelfde spanning. De blauwe lijn moet dus minder steil lopen. Zie hieronder.

12

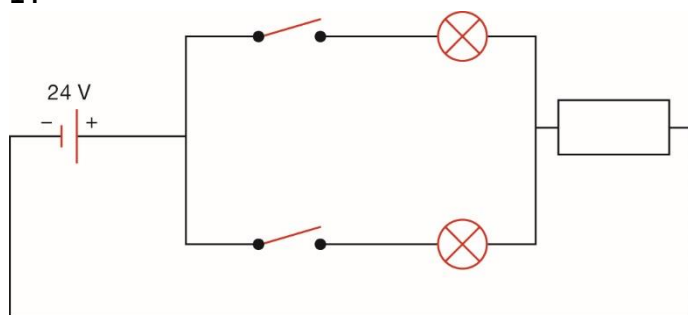
Als de weerstand groter wordt bij grotere spanning, moet de helling dus telkens kleiner worden. Zie hieronder.



13

De twee lampjes staan parallel geschakeld.

14



15

Eefje moet de weerstand in serie zetten met het lampje. Wanneer zij weerstand en lampje parallel aan zou sluiten dan is de spanning over zowel weerstand als lampje 24 V. In een serieschakeling wordt de 24 V van de batterij juist verdeeld over de weerstand en het lampje. Zij moet dus een weerstand kiezen waar 18 V over zal staan om 6 V voor het lampje over te houden, dus een weerstand die drie maal zo groot is als de weerstand van de twee lampjes parallel. (bij een serieschakeling is de spanning evenredig verdeeld met de weerstanden).

In een parallelschakeling kun je de geleidbaarheid optellen, dus de geleidbaarheid van de twee lampjes is 2 maal de geleidbaarheid van één lampje. Dan is de weerstand van twee lampjes de helft van de weerstand van één lampje.

De weerstand moet dus drie maal de helft = 1,5 maal de weerstand van één lampje zijn.

16

B

17

Als één van de draden stuk gaat, verandert er verder niets aan de andere vier draden. Er staat nog steeds dezelfde spanning over en omdat de weerstand niet verandert, gaat er ook evenveel stroom doorheen. Het vermogen per verwarmingsdraad blijft dus gelijk, maar je hebt er wel een minder.

18

De spanning van de spanningsbron is de som van de spanningen over de weerstanden, want het is een serieschakeling.

Spanning over weerstand links boven: $U = I \cdot R = 3 \times 10 = 30 \text{ V}$.

Spanning over de weerstand rechts boven: $U = \frac{P}{I} = \frac{10}{3} = 3,3 \text{ V}$.

Spanningen optellen: $U_{bron} = 30 + 3,3 + 10 = 43,3 \text{ V}$.

19

Formule voor rekenen aan een transformator: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$.

Invullen levert: $\frac{N_1}{700} = \frac{10\,000}{230}$ dus $N_1 = 700 \times \frac{10\,000}{230} = 30\,434$ windingen.