

# ***Elektriciteit***

***Dictaat klas 3HV***



# Elektriciteit

Dictaat klas 3HV

## Inhoud

bladzijde

–	Bronvermelding.....	2
§ 1	Inleiding .....	3
§ 2	Elektrische lading.....	4
§ 3	Materie – de deeltjestheorie .....	5
§ 4	Geleiders en isolatoren. Elektrische stroom.....	7
§ 5	Spanning, stroom en energie .....	8
§ 6	Energie en vermogen. Rendement.....	10
§ 7	De elektrische huisinstallatie .....	12
§ 8	Weerstand .....	14
§ 9	Elektrische schakelingen – schakelschema's.....	16
§ 10	Elektrische schakelingen – serie en parallel .....	18
§ 11	Productie van elektrische energie.....	21
§ 12	Wisselspanning en -stroom. De transformator.....	22

Augustus 2023

## Bronnen:

Voorblad	Foto <i>Lightning in Arlington</i> , <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lightning_in_Arlington.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lightning_in_Arlington.jpg</a>
Blz. 3	Pictogram hoogspanning: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_voltage_warning.svg#metadata">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_voltage_warning.svg#metadata</a>
5	<a href="https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5134393/rede_H_Hilgenkamp.pdf">https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5134393/rede_H_Hilgenkamp.pdf</a> <a href="https://www.kennislink.nl/publicaties/fascinerende-materie">https://www.kennislink.nl/publicaties/fascinerende-materie</a>
	Afbeelding molecuul resveratrol: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resveratrol3d.png">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resveratrol3d.png</a> (bewerkt)
	Atmetingen in figuur deeltjestheorie: <a href="https://nl.wikipedia.org/wiki/Deeltje">https://nl.wikipedia.org/wiki/Deeltje</a>
6	Afbeelding waterdruppels: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Su_damlas%C4%B1_ve_%C3%87imen.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Su_damlas%C4%B1_ve_%C3%87imen.jpg</a> (bewerkt)
7	Foto twee stroomdraden: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stranded_lamp_wire.jpg">https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stranded_lamp_wire.jpg</a> (bewerkt)
8	Voedingskastje: <a href="https://www.vosinstrumenten.nl">https://www.vosinstrumenten.nl</a>
9	Foto opengewerkte boormachine: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drill_Open.JPG">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drill_Open.JPG</a> (bewerkt)
	Foto gloeilamp: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.png">https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.png</a> (bewerkt)
	Foto spaarlamp <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:02_Spiral_CFL_Bulb_2010-03-08_(black_back).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:02_Spiral_CFL_Bulb_2010-03-08_(black_back).jpg</a> (bewerkt)
	Foto ledlamp: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:E27_with_38_LCD.JPG">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:E27_with_38_LCD.JPG</a> (bewerkt)
11	Tl-buis: <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Starter_of_Fluorescent_lamp_FE1E.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Starter_of_Fluorescent_lamp_FE1E.jpg</a> <a href="https://www.energielabel.nl/apparaten">https://www.energielabel.nl/apparaten</a>
	Afbeelding energielabel: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energy_label_2010.svg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energy_label_2010.svg</a> (bewerkt)
	Afbeelding 7e duurzaamheidsdoel: <a href="https://www.sdgnerderland.nl">https://www.sdgnerderland.nl</a>
12	<a href="https://www.energiewereld.nl/">https://www.energiewereld.nl/</a> <a href="https://nl.wikipedia.org/wiki/Kilowattuur">https://nl.wikipedia.org/wiki/Kilowattuur</a>
	Foto hoogspanningsmasten: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoogspanningsmasten_1.JPG">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoogspanningsmasten_1.JPG</a>
	Foto stroomdraden in huisinstallatie: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Installatiedraad.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Installatiedraad.jpg</a>
15	Foto fietslampje: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Low_voltage_light_bulbs.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Low_voltage_light_bulbs.jpg</a> (bewerkt)
16	Foto drie weerstanden: <a href="https://www.circuitsonline.net/forum/view/22131">https://www.circuitsonline.net/forum/view/22131</a> (bewerkt)
21	<a href="https://www.milieuloket.nl/9353000/1/9vvhurbs7rzkg9/vhurdyxqgmyl">https://www.milieuloket.nl/9353000/1/9vvhurbs7rzkg9/vhurdyxqgmyl</a> <a href="https://nl.wikipedia.org/wiki/Zonnecel">https://nl.wikipedia.org/wiki/Zonnecel</a>
23	Foto zonnepanelen: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solarpanelabochstativ.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solarpanelabochstativ.jpg</a> (bewerkt) <a href="https://www.atlasleefomgeving.nl">https://www.atlasleefomgeving.nl</a> > kaarten (Ook via <a href="https://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen">https://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen</a> > kaarten) <a href="https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogspanningsnet">https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogspanningsnet</a>

Applets, animatie: zie de bronvermeldingen op de betreffende pagina's van <https://bruningonline.nl>



Op dit dictaat rust een Creative Commons Licentie: *Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0 Nederland*.  
Om de licentie te bekijken klikt u hieronder. Gebruik als bronvermelding: 'https://bruningonline.nl'.  
[Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl/)

# 1 Inleiding

Dit dictaat gaat over elektriciteit. Elektriciteit is zo oud als de natuur zelf. Denk maar aan de bliksem en de donder. Het is een natuurverschijnsel en niet, zoals je misschien zou denken, een uitvinding.

Elektriciteit is al zo lang bekend als er mensen zijn. In de loop van de 19e eeuw, zeg 150 jaar geleden, leerden we door onderzoek elektriciteit steeds beter kennen. Ook vonden we technieken en apparaten uit om elektriciteit te beheersen en toe te passen. Zodoende speelt toegepaste elektriciteit in moderne samenlevingen al lang een hoofdrol. Bedenk maar eens wat er zou gebeuren als de elektriciteit in Nederland een week uitviel. De ramp zou niet te overzien zijn.

Je leest in dit dictaat iets over spanning, over stroomsterkte, en over de energie waar elektrische apparaten op werken. Waar komt die energie vandaan, en hoe kun je het energieverbruik van een apparaat berekenen? Ook leer je elektrische schakelingen te bouwen en te begrijpen. Je maakt kennis met een theorie waarmee je elektriciteit kunt verklaren: de deeltjestheorie.

Je vindt in dit dictaat theorie, proeven en opgaven. De applets die worden genoemd staan op de natuurkundesite. Extra stof is aangegeven met E.

In de volgende tabel staan de belangrijkste grootheden, eenheden, definities en formules.

Grootheid	Eenheid	Definitie	Formule
Lading ( $Q, q$ )	Coulomb (C)	--	--
Spanning ( $U$ )	Volt (V)	De hoeveelheid energie ( $E$ ) die elke coulomb stromende elektronen meekrijgt.	$U = \frac{E}{Q}$
Stroomsterkte ( $I$ )	Ampère (A)	De hoeveelheid lading die per seconde door een kring stroomt.	$I = \frac{Q}{t}$
Energie ( $E$ )	Joule (J), Kilowattuur (kWh)	--	$E_e = U \cdot I \cdot t$ en $E_e = P \cdot t$
Vermogen ( $P$ )	Watt (W)	Energieomzetting per seconde.	$P = \frac{E}{t}$ en $P_e = U \cdot I$
Rendement ( $\eta$ )	--	Het deel van het opgenomen elektrisch vermogen ( $P$ ) dat een apparaat nuttig omzet.	$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{opgenomen}}}$
Weerstand ( $R$ )	Ohm ( $\Omega$ )	Hoe groter de weerstand van een apparaat is, hoe <u>moeilijker</u> het elektrische stroom geleidt.	$R = \frac{U}{I}$
		Serieschakeling: Parallelschakeling:	$R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 + \dots$ $\frac{1}{R_{\text{totaal}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
--	--	--	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">E</div> <div style="margin-right: 10px;">E</div> <div> <p>Ideale transformator:</p> <math display="block">\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}</math> <math display="block">P_p = P_s \rightarrow U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s</math> </div> </div>



## 2 Elektrische lading

### Proef 1: een geladen staafje

- Neem een perspex staafje, een doek en wat kleine papiersnippertjes. Wrijf een paar keer krachtig met de doek over het staafje. Daarna trekt het staafje de papiersnippertjes aan.
- Houd het opgewreven staafje vlak naast een dunne, rechte waterstraal uit de kraan. Je ziet dat het staafje de waterstraal aantrekt.

### Elektrische kracht

Het opgewreven staafje oefent dus een kracht op de snippertjes en de waterstraal uit. Die kracht heet de *elektrische kracht*. Het gebied rondom het staafje waarin de kracht merkbaar is heet het *elektrische veld*.

### Lading ( $Q$ , $q$ )

Je zegt: het opgewreven staafje is *elektrisch geladen*, of: het gewreven staafje heeft een *elektrische lading*. Het symbool voor lading is  $Q$  of  $q$ .



### Proef 2: aantrekking en afstoting

- Neem twee perspex staafjes en wrijf over elk staafje een paar keer krachtig met een doek. Hang het ene staafje draaibaar op, in een houder aan een statief. Als je het tweede staafje in de buurt van het eerste brengt, stoten ze elkaar af.
- Herhaal proef 2a, nu met twee staafjes van eboniet. Ook deze twee staafjes stoten elkaar af als ze geladen zijn.
- Herhaal proef 2a, nu met een staafje van perspex en een staafje van eboniet. Deze twee staafjes trekken elkaar aan als ze geladen zijn.

### Conclusies uit proef 1 en 2

- Voorwerpen kunnen elektrisch geladen zijn.
- Elektrisch geladen voorwerpen oefenen een elektrische kracht uit. Die kracht kan aantrekkend of afstotend zijn.
- Er zijn twee soorten elektrische lading: de lading die perspex kan krijgen en de lading die eboniet kan krijgen. Je noemt die soorten *positief* en *negatief*.
- Gelijknamige ladingen stoten elkaar af ( $++$  en  $--$ ), ongelijknamige ladingen trekken elkaar aan ( $+/-$ ).

### Verklaring van proef 1 en 2

Waar komt elektrische lading vandaan? Voor het antwoord op die vraag moet je iets meer weten van materie. Daarom vind je dat antwoord pas in de volgende paragraaf. Aan het eind van die paragraaf staat ook de verklaring van proef 1 en 2.

### **Opgaven**

- Oefent een opgewreven perspex staafje een elektrische of juist een magnetische kracht uit? Licht je antwoord toe.
- Verklaar het volgende:
  - Soms voel je een kleine schok als je een deurkruk vastpakt.
  - Bij het kammen trekt de kam je haar soms aan.
  - Bij het voltanken van een pas geland vliegtuig zijn veiligheidsvoorzieningen nodig om explosies te voorkómen.

### 3 Materie – de deeltjestheorie

#### Materie

Met 'stof' bedoel je in het alledaagse leven huisstof of textiel. In de natuurwetenschappen betekent het woord stof veel meer. IJzer, plastic, water, benzine, zuurstof en aardgas zijn allemaal *stoffen*. Er zijn miljoenen verschillende stoffen. Elke stof heeft zijn eigen, kenmerkende eigenschappen.

Elk voorwerp bestaat uit een stof, of uit een paar stoffen. In natuurwetenschappelijke vaktaal: elk voorwerp bestaat uit *materie*.

#### Moleculen

Een gedachte-experiment: Neem een blaadje papier. Scheur dat in twee delen. Scheur dan één van die delen weer in tweeën. Ga zo verder en verder. Uiteindelijk krijg je dan het allerkleinste stukje papier: een papiermolecuul.

Een vergelijkbaar gedachte-experiment kun je met bijna alle stoffen doen. Daarom deze definitie:

*Een molecuul is het kleinste deeltje van een stof dat nog kenmerkend is voor die stof.*

Er zijn papiermoleculen, watermoleculen, zuurstofmoleculen, enzovoorts. Alle moleculen van één stof zijn identiek. Maar een papiermolecuul ziet er anders uit dan een watermolecuul, en een zuurstofmolecuul is weer anders.

Er zijn miljoenen verschillende moleculen. Ze zijn allemaal buitengewoon klein, zelfs te klein voor een (gewone) microscoop.

#### Atomen

Moleculen zijn op hun beurt weer opgebouwd uit atomen. Een watermolecuul bijvoorbeeld ( $H_2O$ ) bestaat uit twee waterstofatomen (H) en één zuurstofatoom (O). Er komen circa honderd verschillende atomen in de natuur voor.

Moleculen zijn buitengewoon klein, atomen zijn dus nog kleiner. Met een heel bijzondere microscoop (een *scanning tunneling microscoop*, kortweg *STM*) werd rond 1980 voor het eerst iets van atomen zichtbaar. Het lukte om de omtrek van atomen op een computerscherm af te beelden. Het binnenste van een atoom bleef echter onzichtbaar.

Maar begin 20e eeuw al, toen de STM nog lang niet was uitgevonden, hebben slimme experimenten toch geleid tot verschillende atoommodellen: ideeën over de bouw van het atoom.

#### Subatomaire deeltjes – atoommodel van Rutherford

Uit experimenten van o.a. Ernest Rutherford bleek dat atomen zijn opgebouwd uit nóg kleinere deeltjes. Die heten *subatomaire deeltjes*, omdat ze kleiner zijn dan het atoom.

Protonen, van nature altijd positief geladen (+).

Neutronen, van nature altijd neutraal (0).

Elektronen, van nature altijd negatief geladen (-).

Volgens Rutherford is elk atoom een soort mini-zonnestelsel.

#### • Atoomkern

In het centrum van het atoom zit de atoomkern. Die bestaat uit protonen en neutronen, heel dicht op elkaar. Omdat protonen positief geladen zijn en neutronen ongeladen, is de atoomkern ook positief.

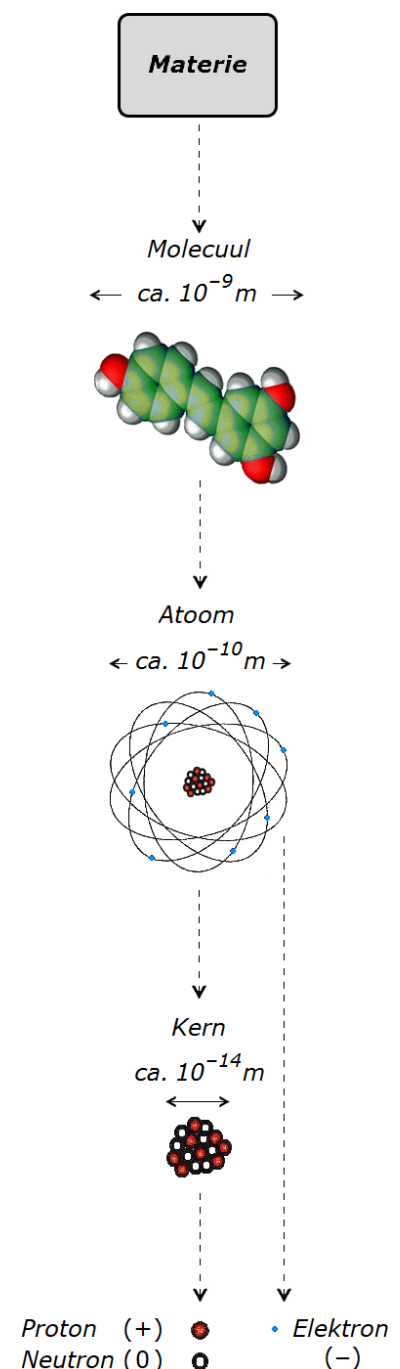
#### • Elektronenwolk

De elektronen cirkelen in een wolk om de kern. Omdat elektronen negatief geladen zijn, is de elektronenwolk ook negatief.

Het is de elektrische aantrekkingskracht tussen plus (de kern) en min (de elektronen) die de elektronenwolk rondom de kern gevangen houdt.

#### • Neutraal

Elk atoom is als geheel elektrisch neutraal omdat er evenveel protonen in de kern zijn als cirkelende elektronen om de kern.



Het waterstofatoom (H) is het eenvoudigst: dat heeft maar één proton in de kern, waar dus ook maar één elektron omheen cirkelt. Het ijzeratoom (Fe) is veel ingewikkelder: dat heeft 26 protonen en (meestal) 30 neutronen in de kern. In de elektronenwolk om de kern heen cirkelen dus 26 elektronen. Het uraniumatoom (U) is met 92 protonen, (meestal) 146 neutronen en 92 elektronen een zeer ingewikkeld atoom.

#### Elementaire lading, eenheid van lading

De positieve lading van het proton is even groot (even sterk) als de negatieve lading van het elektron. Je noemt die hoeveelheid de *elementaire lading* (dat is: de basislading). Een proton en een elektron zijn samen dus neutraal.

Je kunt een hoeveelheid lading meten. De eenheid van lading is *coulomb (C)*. Die is veel groter dan de elementaire lading: 6240 000 000 000 000 elektronen hebben samen een lading van ongeveer 1 C. Dat is 6,24 maal een miljard maal een miljard. Je schrijft dat vaak als  $6,24 \cdot 10^{18}$ .

(Vergelijk dat met geld. De eenheid van geld is de euro, veel groter dan de kleinste hoeveelheid: de cent).

#### En nu de verklaring van proef 1 en 2

Eerst is het perspex staafje neutraal, omdat alle atomen in het staafje even veel protonen als elektronen bevatten. Dan wrijf je met de doek. Je wrijft dan van de buitenste atomen de buitenste elektronen af. Het staafje blijft dus achter met een elektronentekort. Daardoor is het niet meer neutraal maar positief. De elektronen komen in de doek terecht, die dus even sterk negatief wordt.

Een eboniet staafje wordt na wrijven juist negatief. Je wrijft dan elektronen van de doek op het staafje. Zo krijgt het staafje een elektronenoverschot en wordt het negatief. Deze doek wordt dus positief.

Protonen en neutronen wrijf je niet weg. Die zitten immers in de kern, veel te diep in het atoom. Als een voorwerp geladen is komt dat dus altijd door een tekort of juist een overschot aan elektronen.

Watermoleculen zijn *polair*: ze hebben een positieve en een negatieve kant, ook al zijn ze als geheel neutraal. Een positief staafje zorgt ervoor dat alle watermoleculen zich met hun negatieve kant naar het staafje richten. Omdat die negatieve kant dan dichterbij het staafje is dan de positieve kant, trekt het staafje de watermoleculen aan. Papiermoleculen zijn ook polair dus kan het staafje ook papiersnippers aantrekken.

- *Positief geladen: elektronentekort.*
- *Negatief geladen: elektronenoverschot.*

#### De deeltjestheorie

Volgens de deeltjestheorie bestaat alle materie uit onvoorstelbaar kleine deeltjes, zó klein dat je een enkel deeltje absoluut niet kunt zien of voelen. In één piepklein waterdruppeltje bijvoorbeeld zitten ongeveer 1 triljard watermoleculen, die samen zijn opgebouwd uit 28 triljard subatomaire deeltjes, 28 000 000 000 000 000 000 000 ( $28 \cdot 10^{21}$ ). Dat is ongeveer even veel als het aantal sterren in het waarneembare heelal.



Hierboven zijn proef 1 en 2 verklaard met de deeltjestheorie. Alle elektrische verschijnselen kun je met de deeltjestheorie verklaren. Het is een sterke theorie, want je kunt er nog veel meer mee begrijpen. Smelten, verdampen, luchtdruk, temperatuur, chemische reacties, enz.

#### **Opgaven**

3. Doe de virtuele proeven met de applet [Elektrische lading](#) op de natuurkundesite.
4. Noem overeenkomst(en) tussen:
  - a. protonen en neutronen.
  - b. protonen en elektronen.
  - c. neutronen en elektronen.
5. Noem verschil(len) tussen:
  - a. protonen en neutronen.
  - b. protonen en elektronen.
  - c. neutronen en elektronen.
6.
  - a. Leg uit dat een atoom elektrisch neutraal is.
  - b. Leg uit dat *neutraal* een beter woord is dan *ongeladen*.
7. Verbeter zo nodig de volgende beweringen.
  - a. Moleculen en elektronen zijn subatomaire deeltjes.
  - b. Protonen en neutronen zijn subatomaire deeltjes.
  - c. Atomen zijn de kleinste deeltjes die er zijn.
8. Rangschik naar toenemende grootte: *atoom, elektron, molecuul, neutron, proton*.
9. De deeltjestheorie is een sterke theorie.
  - Waarom sterk?

## 4 Geleiders en isolatoren. Elektrische stroom

### Proef 3: elektrische stroom

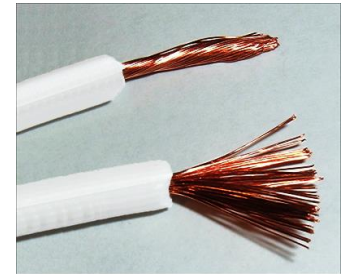
Neem een batterij of een voedingskastje, een lampje, drie stroomdraden en een schakelaar. Maak een stroomkring. Als je de schakelaar sluit brandt het lampje. In de stroomkring loopt dan een *elektrische stroom*.

### Verklaring van proef 3. Geleiders en isolatoren

De aansluitpunten van een batterij of voedingskastje noem je de *polen*. De minpool is negatief door een elektronenoverschot, de pluspool positief door een elektronentekort.

De stroomdraden hebben een plastic mantel en zijn van binnen van koper. De schakelaar is van ijzer. De stroomdraad in het lampje is van wolfram. Koper, ijzer en wolfram zijn metalen. De hele stroomkring is dus van metaal. Metalen kunnen elektrische stroom doorlaten. Daarom noem je ze *geleiders*.

De meeste plastics zijn *isolatoren*. Daar kan geen elektrische stroom doorheen. Omdat de koperen stroomdraden een plastic mantel hebben kun je ze dus zonder veiligheidsrisico vastpakken.



Twee stroomdraden  
Plastic mantel, koperen kern

### Wat stroomt er?

Metalen zijn geleiders omdat er elektrische stroom doorheen kan. Maar wat stroomt er dan?

*Een elektrische stroom door een stroomkring is een stroom van vrije elektronen.*

Je kunt dat begrijpen met de deeltjestheorie.

### Elektrische stroom en de deeltjestheorie

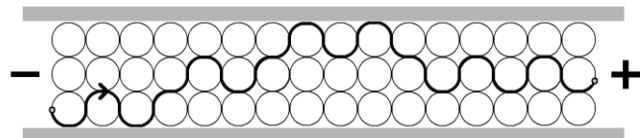
Metaalatomen zijn bijzonder. De atoomkern van een metaalatom trekt de buitenste elektronen van zijn eigen elektronenwolk niet zo sterk aan. Je zegt: de buitenste elektronen zijn niet zo sterk aan de kern gebonden. Daardoor kunnen die buitenste elektronen van de ene naar de andere elektronenwolk gaan, dus van het ene naar het andere atoom. Zo kunnen ze binnen het hele metaal vrij bewegen. Daarom heten ze *vrije elektronen* of *geleidingselektronen*.

De stroomkring van proef 3 is van metaal. Er zijn dus vrije elektronen in de kring. Als je de kring sluit gaan die van de minpool naar de pluspool bewegen. Je zegt: van de min- naar de pluspool *stromen*. Ze zijn immers negatief, dus de minpool stoot ze af en de pluspool trekt ze aan. De pluspool heeft een elektronentekort dus die neemt de vrije elektronen op, de minpool vult vanuit zijn elektronenoverschot de stroom steeds aan. Een elektrische stroom door een stroomkring is dus een stroom van vrije elektronen. Zie de animatie [Elektrische stroom](#) op de natuurkundesite.

Isolatoren, zoals de meeste plastics, hebben geen vrije elektronen. Daar worden alle elektronen zo sterk door hun eigen atoomkern aangetrokken, dat ze niet buiten de eigen elektronenwolk kunnen komen. Er kan dus geen elektrische stroom ontstaan.

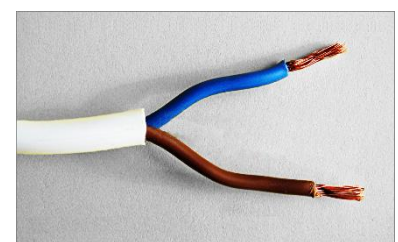
De stoffen germanium (Ge) en silicium (Si) zijn halfgeleiders. Halfgeleiders zitten tussen de geleiders en de isolatoren in. Ze spelen een hoofdrol in computer-elektronica.

Model van een geleider: metaalatomen in een stroomdraad.  
Je ziet hoe een vrij elektron door de stroomdraad kan bewegen.



### Opgaven

- Hiernaast zie je een foto van een stroomsnoer.
  - Leg uit waarom er twee stroomdraden in het snoer zitten.
- Hierboven staat: *Een elektrische stroom door een stroomkring is een stroom van vrije elektronen.*
  - Leg uit of er door een stroomkring ook protonen kunnen stromen. En neutronen?
- Vul in:
  - Elke spanningsbron heeft ..... polen.
  - Vrije elektronen kunnen .....
  - De minpool heeft elektronen ....., de pluspool heeft elektronen .....
  - Als je de polen van een spanningsbron ..... gaat er een elektrische stroom lopen.



Stroomsnoer

## 5 Spanning, stroom en energie

### Spanningsbronnen

Een voedingskastje, een batterij en een stopcontact zijn *spanningsbronnen*. Een spanningsbron is een energiebron. Hoe hoger de spanning van de bron, hoe meer energie de bron kan geven. Je noemt die energie *elektrische energie*.

### Spanning (U)

Spanning meet je met een voltmeter. Die sluit je parallel aan (dat is: over de stroomkring, zie §10). De eenheid van spanning is *volt* (V). Voor een batterij met een spanning van 1,5 V schrijf je:  $U = 1,5 \text{ V}$ . Spreek uit: 'De spanning is 1,5 volt.'

### Elektrische apparaten zijn energieomzetters

Als je op een spanningsbron een elektrisch apparaat aansluit dan krijgt het apparaat energie van de spanningsbron. Met die energie kan het apparaat dan iets doen.

Een lamp bijvoorbeeld maakt licht (en warmte) van de elektrische energie. Je zegt: een lamp *zet elektrische energie om* in licht (en warmte). Een elektromotor zet elektrische energie om in bewegingsenergie, een tv in licht en geluid.

### Elektrische stroom transporteert energie

Je sluit een apparaat, bijvoorbeeld een lamp, aan op een spanningsbron. Hoe komt de elektrische energie nu van de spanningsbron bij de lamp?

De energie wordt getransporteerd door stromende elektronen. Lees §4 er nog maar eens op na. Als je de lamp goed aansluit dan maak je met de spanningsbron, de snoeren en de lamp een stroomkring. De plus- en de minpool van de bron zijn dan geleidend verbonden. Vrije elektronen kunnen dan van de min (overschot) via de lamp naar de plus (tekort) stromen. Ze nemen energie van de spanningsbron mee, geven het grootste deel daarvan aan de lamp, en stromen dan weer terug naar de bron. De lamp maakt licht en warmte van de energie.

Dus: spanning is oorzaak, elektrische stroom is het gevolg. De elektrische stroom transporteert elektrische energie naar elektrische apparaten.

De vrije elektronen stromen van min naar plus. Vroeger dachten we van plus naar min. Daarom zeg je nog steeds: de stroom loopt van plus naar min.

### Stroomsterkte (I)

De ene elektrische stroom is sterker dan de andere. De stroomsterkte meet je met een ampèremeter. Die sluit je in serie aan (dat is: in de stroomkring, zie §10). De eenheid van stroomsterkte is *ampère* (A). Als de stroomsterkte door een strijkijzer 2,1 A is, schrijf je:  $I = 2,1 \text{ A}$ . Spreek uit: 'De stroomsterkte is 2,1 ampère.'

### Volt en ampère

'Volt' betekent: joule per coulomb. Een batterij van 1,5 V geeft aan elke coulomb stromende elektronen 1,5 J elektrische energie mee. In Europa is de netspanning 230 V. Per coulomb stromende elektronen geeft een stopcontact dus veel meer energie mee: 230 J.

'Ampère' betekent: coulomb per seconde. Is de stroomsterkte door een strijkijzer 2,1 A dan stroomt er per seconde 2,1 C lading door.

- Een spanningsbron is een energiebron.
- Maak je een stroomkring, dan is spanning de oorzaak en elektrische stroom het gevolg.
- Elektrische stroom transporteert energie naar elektrische apparaten.
- Elektrische apparaten zetten elektrische energie om in andere energiesoorten.
- Volt betekent: joule per coulomb. 1,5 V betekent 1,5 J/C. De spanning van een spanningsbron is de hoeveelheid elektrische energie die elke coulomb stromende elektronen meekrijgt.

Als formule geschreven:  $U = \frac{E}{Q}$

- Ampère betekent: coulomb per seconde. 2,1 A betekent 2,1 C/s. De stroomsterkte in een kring is de hoeveelheid lading die per seconde door de kring stroomt.

Als formule geschreven:  $I = \frac{Q}{t}$



Batterij



Stopcontact



## Opgaven

13. Eén zin is correct. Haal de fouten uit de andere zinnen.
- Een stopcontact staat onder stroom.
  - Door die lamp loopt een spanning van 230 V.
  - Elektronen in een stroomdraad stromen van plus naar min.
  - Elektrische stroom loopt van min naar plus.
  - Spanning is oorzaak, elektrische stroom het gevolg.
  - Als er spanning is, is er ook stroom.
14. Energieomzeters  
Hieronder zie je twee elektrische apparaten en drie elektrische lampen.



Waterkoker



Boormachine, opengewerkt



Gloeilamp



Spaarlamp



Ledlamp

Vul in:

- Het verwarmingselement in de waterkoker zet elektrische energie om in .....
  - De elektromotor in de boormachine zet elektrische energie om in .....
  - De gloeilamp zet elektrische energie om in .....
  - De spaarlamp zet elektrische energie om in .....
  - De ledlamp zet elektrische energie om in .....
15. Op een fietslampje staat: 6 V.
- Welke bewering is goed? Licht je antwoord toe.
    - Het lampje geeft een spanning van 6 V.
    - Je moet het lampje aansluiten op een spanningsbron van 6 V.
  - Leg uit wat er gebeurt als je het lampje aansluit op 230 V.
16. Startmotor  
Gewone benzineauto's hebben behalve de benzinemotor nog een veel kleinere, tweede motor: de startmotor. Dat is een elektromotor waarmee je de auto start. Een accu van 12 V is de spanningsbron. Als je de auto wilt starten draai je de contactsleutel om. Daarmee sluit je een stroomkring, waardoor er een elektrische stroom van de ene pool van de accu door de startmotor naar de andere pool gaat.
- Wat is de richting van de elektrische stroom: van plus naar min of juist andersom?
  - Wat is de stroomrichting van de vrije elektronen: van plus naar min of juist andersom?
  - Wat gebeurt er in de startmotor met de elektrische energie van de vrije elektronen?  
In totaal stroomt er 200 C elektrische lading door de startmotor.
  - Bereken hoeveel energie de stroom aan de startmotor heeft afgegeven.
17. Reken om:
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| a. 1,5 A = ... mA  | e. 0,19 J = ... mJ |
| b. 4,3 mV = ... V  | f. 230 V = ... kV  |
| c. 5,9 kJ = ... J  | g. 560 mC = ... C  |
| d. 8600 C = ... kC | h. 0,15 kA = ... A |
18. Stroomsterkte en lading
- Door een lamp stroomt in 2 s een hoeveelheid lading van 0,13 C.
    - Bereken de stroomsterkte.
  - Voor een andere lamp geldt:  $I = 0,17$  A.
    - Bereken hoeveel lading er in 10 s door de lamp stroomt.
  - Voor een derde lamp geldt:  $I = 0,26$  A.
    - Bereken na hoeveel s er 0,78 C lading door de lamp is gestroomd.

## 6 Energie en vermogen. Rendement

### Verbruik van elektrische energie ( $E_e$ )

Elektrische apparaten zetten elektrische energie, die ze van de spanningsbron krijgen, om in andere energie (zie §5). Een lamp bijvoorbeeld zet elektrische energie om in licht en warmte. Je zegt ook: elektrische apparaten *verbruiken* elektrische energie.

Vaak wordt dat 'stroomverbruik' genoemd. Maar apparaten verbruiken geen stroom. Want alle elektronen die er aan de ene kant instromen, stromen er aan de andere kant weer uit. Onderweg hebben ze wel het grootste deel van de elektrische energie, die ze van de spanningsbron meekregen, aan het apparaat gegeven. Het apparaat heeft die energie omgezet. Elektrische apparaten zijn energieomzetters.

Het energieverbruik van een elektrisch apparaat hangt af van drie dingen:

- De tijdsduur ( $t$ ): hoe langer het apparaat aan staat, hoe meer energie het verbruikt.
- De spanning ( $U$ ) waarop het apparaat is aangesloten: hoe groter de spanning, hoe meer energie het apparaat krijgt en verbruikt.
- De stroomsterkte ( $I$ ): hoe sterker de stroom door het apparaat, hoe meer energie het krijgt en verbruikt.

Daarom bereken je het energieverbruik van elektrische apparaten met deze formule:

$$E_e = U \cdot I \cdot t$$

De wetenschappelijke eenheid van energie is Joule (J). Energiebedrijven gebruiken en andere eenheid: de kilowattuur (kWh). Die is veel groter:  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$ . Zie ook §7.

### Elektrisch vermogen ( $P_e$ )

Het energieverbruik van elektrische apparaten kun je zuiver vergelijken door te kijken naar het *elektrisch vermogen*, met als eenheid Watt (W). Het vermogen van een apparaat staat meestal op het typeplaatje.

Model	420-v003	Made in EU
Type	AA-037	Bouwjaar 2020
Serienr.	S94571	150W

*Het vermogen van een apparaat is het energieverbruik per seconde.*

*Als formule geschreven:  $P = \frac{E}{t}$  en  $P_e = U \cdot I$*

$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ . Een lamp van  $4 \text{ W}$  zet dus elke seconde  $4 \text{ J}$  elektrische energie om in licht en warmte. Een lamp van  $12 \text{ W}$  geeft meer licht, want die zet per seconde meer elektrische energie om.

### Rendement ( $\eta$ )

Een ouderwetse gloeilamp zet elektrische energie voor 5% om in licht en voor 95% in warmte. Aan die warmte heb je niets, daar is de lamp niet voor gemaakt. Je zegt: een gloeilamp heeft een rendement van 5%. Spaarlampen en ledlampen hebben een veel hoger rendement, tot wel 80%. Hoe hoger het rendement, hoe beter (doelmatiger) het apparaat werkt.

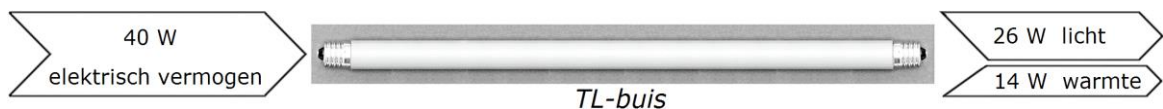
*Het rendement van een apparaat is het deel van het opgenomen elektrisch vermogen dat het apparaat nuttig omzet. Meestal reken je het om in een percentage.*

*Als formule geschreven:  $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{opgenomen}}}$  (zonder eenheid)*

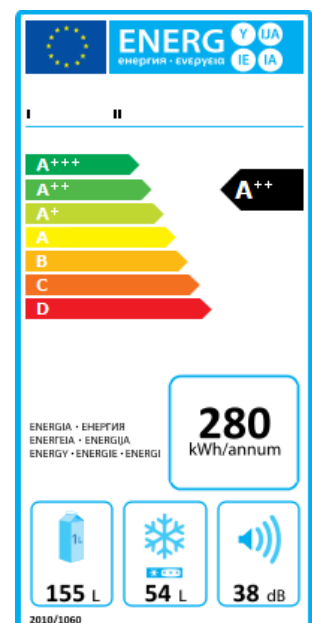
### Opgaven

19. Verbeter zo nodig de volgende beweringen.
  - a. Het stroomverbruik van elektrische kachels is erg groot.
  - b. Een wasmachine verbruikt meer energie dan een koelkast.
  - c. Hoe groter het rendement van een apparaat, hoe minder energie er als warmte verloren gaat.
  - d. Wil je het energieverbruik van twee waterkokers vergelijken, dan kijk je naar het vermogen.
20. De formules voor elektrische energie zijn  $E_e = U \cdot I \cdot t$  en  $E_e = P \cdot t$ .
  - a. Laat zien dat deze twee formules gelijk aan elkaar zijn.
  - b. Leg uit waarom de formule  $E_e = U \cdot I / t$  fout is.
21. Welke bewering is juist?
  - A. kWh is een eenheid van vermogen, W is een eenheid van energie.
  - B. kWh is een eenheid van energie, W is een eenheid van vermogen.
  - C. kWh en W zijn twee eenheden van vermogen.
  - D. kWh en W zijn twee eenheden van energie.

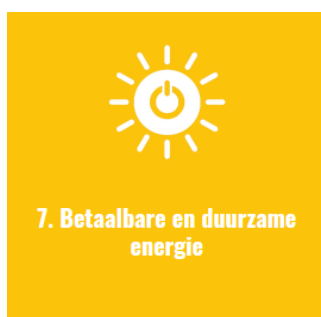
22. Welke bewering is juist?  
 A. kWh kun je omrekenen in J.                      C. W kun je omrekenen in J.  
 B. kWh kun je omrekenen in W.                    D. De beweringen A, B en C zijn fout.
23. mp3-speler  
 Een bepaalde mp3-speler heeft een vermogen van 0,25 W. Op een volle batterij kun je hem 2 uur gebruiken.  
 a. Bereken hoeveel elektrische energie er in een volle batterij zit, in J en in kWh.  
 Stel, je sluit een kleine ledlamp van 1 W op de volle batterij aan.  
 b. Bereken hoe lang de ledlamp op de volle batterij zou kunnen branden.
24. Spaarlampen en (ouderwetse) gloeilampen sluit je allebei aan op het lichtnet (230 V). Toch geeft een spaarlamp van 9 W ongeveer even veel licht als een gloeilamp van 40 W.  
 – Leg uit hoe dat kan.
25. Door een bepaalde tv is de stroomsterkte 1,09 A. je sluit hem aan op de netspanning.  
 a. Wat gebeurt er met de elektrische energie die de tv krijgt?  
 b. Bereken het vermogen van de tv.  
 c. Bereken hoeveel kWh elektrische energie de tv per dag gebruikt. Schat eerst hoe lang hij per dag aan staat.
26. Een spaarlamp van 15 W staat 4,5 uur aan. Het rendement van de lamp is 25%.  
 a. Bereken de stroomsterkte door de lamp.  
 Bereken, eerst in J en dan in kWh...  
 b. ...hoeveel elektrische energie de lamp in totaal heeft omgezet.  
 c. ...hoeveel elektrische energie de lamp heeft omgezet in licht.
27. Energie-stroomdiagram  
 Hieronder zie je het energie-stroomdiagram van een tl-buis.  
 – Bereken het rendement van de tl-buis.



28. Een bepaalde spaarlamp geeft (ongeveer) even veel licht als een ouderwetse gloeilamp van 60 W. De gloeilamp heeft een rendement van 5%, de spaarlamp heeft een rendement van 25%.  
 a. Heeft de spaarlamp een groter vermogen dan de gloeilamp of juist een kleiner? Leg je antwoord uit.  
 b. Bereken het vermogen van de spaarlamp.  
 Je zou de gloeilamp ook als warmtebron kunnen gebruiken, bijvoorbeeld in een broedmachine.  
 c. Hoe groot is dan het rendement van de 'lamp'?
29. Energielabel  
 Voor nieuwe elektrische apparaten is in de EU een energielabel verplicht. Dat laat de koper in één oogopslag zien of het apparaat zuinig is met energie. A+++ is het zuinigst, G het minst zuinig. Hiernaast zie je het energielabel van een koelkast.  
 a. Is deze koelkast zuinig met energie?  
 b. Hoeveel energie gebruikt de koelkast per jaar?  
 Eén kWh elektrische energie kost ongeveer € 0,30.  
 c. Bereken energiekosten van de koelkast per jaar.  
 d. Wat betekenen de drie aanduidingen onderaan?
30. Leg uit of koelkasten met een A++-energielabel...  
 a. ...een groot of juist een klein vermogen hebben.  
 b. ...een groot of juist een klein rendement hebben.  
 c. ...veel of juist weinig warmte afgeven.
31. Waarom is het verstandig om energiezuinige apparaten te kopen?  
 Noem drie redenen. (Zie zo nodig §11).



Energielabel van een koelkast



Het 7e duurzaamheidsdoel.  
 Zie ook §11 en  
[www.sdgnederland.nl/sdgs](http://www.sdgnederland.nl/sdgs)

## 7 De elektrische huisinstallatie

### Energieproductie, energiekosten

Elektrische energie wordt geproduceerd door energiebedrijven (zoals *Greenchoice*, *Vattenfall*, *Eneco*). Dat gebeurt in grote fabrieken, zogeheten elektriciteitscentrales. Hoe dat gebeurt wordt uitgelegd in §11.

Een netwerk van dikke, kilometerslange kabels, het *elektriciteitsnet*, brengt de energie van de centrales naar de consument. Die koopt de energie van het energiebedrijf. Daarom houdt het energiebedrijf je energieverbruik bij met een kilowattuurmeter, meestal gemonteerd in de meterkast. Inclusief transportkosten en belastingen betaal je ongeveer 30 cent per kWh.



Het elektriciteitsnet



Stroomdraden in een huisinstallatie



Stopcontact en stekker, geaard

### De netspanning

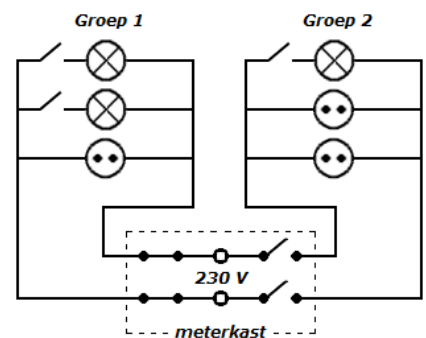
De netspanning is in Europa 230 V. Via een dikke kabel, meestal in de meterkast, is je huis op het net aangesloten. Apparaten sluit je op de netspanning aan via een stopcontact.

### Groepen

Een huisinstallatie is verdeeld in groepen, vaak 4 of 5. Dat zijn parallel geschakelde delen. Daarom zijn ze onafhankelijk van elkaar. Als er in de ene groep iets mis is kun je die uitschakelen en repareren, en intussen de andere groepen gewoon blijven gebruiken. In de figuur hiernaast is groep 2 uitgeschakeld en groep 1 nog steeds bruikbaar.

Per groep zijn stopcontacten, lichtpunten enzovoorts ook weer parallel geschakeld. Elk stopcontact, elk lichtpunt heeft zijn eigen aansluiting op de groep. Zo kun je alle apparaten thuis onafhankelijk van elkaar gebruiken.

(Zie voor de parallelschakeling §10).



⊗ lamp   ⊕ stopcontact   /- schakelaar

Huisinstallatie, 2 groepen

### Veiligheid

In woonhuizen is de huisinstallatie op drie manieren beveiligd.

#### 1. Aarding

Aarding (ook wel: *randaarde*) voorkomt dat apparaten met een metalen kast, zoals de koelkast en de wasmachine, onder spanning komen te staan. Je loopt dus nooit een risico als je de kast aanraakt.

De metalen kast is met een extra stroomdraad, via extra klemmen aan de rand van de stekker en het stopcontact, geleidend verbonden met een stalen pen in de meterkast. Die pen is bij de aanleg van de huisinstallatie diep de grond in geslagen. Dat is veilig, want de spanning van de aarde blijft altijd 0 V.

#### 2. Zekeringen

Zekeringen schakelen de huisinstallatie automatisch uit als de stroomsterkte te groot wordt. In woonhuizen is een stroomsterkte van maximaal 16 A toegestaan.

Een te sterke stroom in de kabels van een elektrische huisinstallatie is gevaarlijk. Dan worden de kabels te warm en kan de plastic isolatie smelten. Een te grote stroomsterkte kan op twee manieren ontstaan: door *kortsluiting* en door *overbelasting*.

Er is kortsluiting als de twee polen van de netspanning rechtstreeks contact maken, dus zonder apparaat er tussen. Dan is er tussen de polen nauwelijks weerstand dus wordt de stroomsterkte veel te groot.

Er is overbelasting als je teveel apparaten tegelijk aan hebt staan. Omdat er door elk apparaat stroom gaat, wordt dan de hoofdstroom te sterk.

#### 3. Aardlekschakelaar

De aardlekschakelaar (in de meterkast) vergelijkt de uitgaande stroomsterkte met de terugkomende stroomsterkte. Is de laatste kleiner dan is er onderweg stroom weggelekt en dus iets mis. De aardlekschakelaar schakelt de huisinstallatie dan automatisch uit.

## Opgaven

### 32. Reparatie

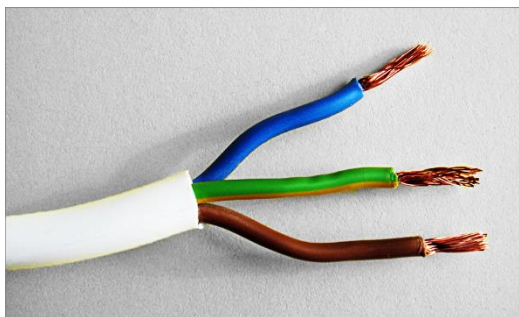
Er is een defect in je elektrische huisinstallatie: de lichtpunten en stopcontacten in de woonkamer werken niet meer. Daarom komt de elektricien. Omdat het buiten nogal donker is heeft hij elektrisch licht nodig bij zijn reparatie.

- Moet hij een looplamp met accu bij zich hebben of kan hij ook op een handiger manier elektrisch licht krijgen? Leg je antwoord uit.

### 33. Stroomsnoer

Hieronder staat een foto van een stroomsnoer met daarin drie stroomdraden.

- Leg de functie van elk van de drie draden uit.



*Stroomsnoer met 3 stroomdraden*

### 34. Overbelasting en kortsluiting

Overbelasting en kortsluiting hebben dezelfde gevolgen.

- Welke gevolgen zijn dat?

Toch is overbelasting iets anders dan kortsluiting.

- Leg uit wat overbelasting is en wat kortsluiting is.

### 35. Overbelasting?

Een wasmachine neemt maximaal een vermogen van 2800 W op, een wasdroger maximaal 2500 W.

- Ga met een berekening na of je beide apparaten tegelijk op één groep kunt aansluiten.

- Reken na dat je op één groep van de huisinstallatie maximaal een vermogen van 3680 W kunt aansluiten.

### 36. Energierkening

Je krijgt van het energiebedrijf elk kwartaal (= 3 maanden) een rekening voor de geleverde elektrische energie. De laatste rekening bedroeg €153,00.

- Bereken hoeveel je per etmaal (= 24 uur) gemiddeld uitgeeft aan elektrische energie.

- Bereken hoeveel kWh je per etmaal gemiddeld verbruikt.

### 37. Stroomsterkte thuis

Op een avond zijn thuis in gebruik: 12 lampen van gemiddeld 10 W, een tv van 150 W, een computer van 130 W, een gamecomputer van 120 W, een cv-pomp van 50 W, een wasmachine die 1000 W gebruikt, een koffiezetter van 800 W en een koelkast van 125 W. Alle apparaten werken op de netspanning.

- Door welk apparaat loopt de sterkste stroom? En door welk apparaat de zwakste?

Licht je antwoorden toe met een formule.

- Bereken de grootste en de kleinste stroomsterkte.

- Bereken de stroomsterkte door de hoofdkabel in de meterkast.

### 38. Energieverbruik

Een computer van 150 W staat dag en nacht aan. Het beeldscherm heeft een vermogen van 40 W, maar als het 5 minuten niet is gebruikt gaat het in de slaapstand, waardoor het gemiddelde vermogen 15 W is.

- Bereken het energieverbruik van de computer met scherm per kwartaal.

- Bereken de energiekosten per kwartaal.

### 39. Gamen

Je bent met vrienden anderhalf uur aan het gamen op een gamecomputer van 120 W.

- Bereken de energiekosten.

### 40. Besparing

In een trapportaal is 24 uur per etmaal elektrisch licht. Vroeger waren er vier ouderwetse gloeilampen van elk 100 W, tegenwoordig vier spaarlampen van elk 25 W. De spaarlampen geven ongeveer even veel licht als de gloeilampen. Het rendement van een gloeilamp is 5%.

- Bereken het rendement van een spaarlamp.

- Bereken de besparing per kwartaal.

## 8 Weerstand

Elektrische apparaten krijgen hun energie van een spanningsbron. De energie wordt naar het apparaat gebracht door elektrische stroom. Die loopt vanuit de spanningsbron naar het apparaat, geeft daar de energie af en loopt dan weer terug naar de spanningsbron.

Dat stromen gaat natuurlijk niet vanzelf. Daarom krijgt het apparaat niet álle elektrische energie. Een klein deel hebben de vrije elektronen zélf nodig, om te stromen. Het stromen door de aansluitsnoeren kost niet veel energie, het stromen door het apparaat soms wel. Dat heeft te maken met de *weerstand* van het apparaat.

### Weerstand (R)

Door het ene apparaat loopt moeilijker elektrische stroom dan door het andere. De *weerstand (R)* van een apparaat is een getal dat aangeeft *hoe* moeilijk. Weerstand is een eigenschap van elektrische apparaten. Elk apparaat heeft zijn eigen weerstand.

Hoe groter de weerstand van een apparaat is, hoe meer spanning het nodig heeft voor een elektrische stroom. Om de weerstand van verschillende apparaten zuiver te kunnen vergelijken kijk je steeds hoeveel spanning er nodig is voor een stroom van 1 A.

De eenheid van weerstand is Ohm ( $\Omega$ ). 200  $\Omega$  betekent 200 V/A. Je schrijft:  $R = 200 \Omega$ . Spreek uit: 'De weerstand is 200 ohm.'

	<b>R (<math>\Omega</math>)</b>
Spaarlamp van 15 W	3530
Gloeilamp van 40 W	1320
Laptop van 80 W	660
Tv-toestel van 150 W	350
Waterkoker van 1000 W	53
Stroomdraad, 1 m lang	0,017

*Hoe groter de weerstand van een apparaat is, hoe moeilijker het elektrische stroom geleidt. Nauwkeuriger gezegd: de weerstand van een apparaat is de spanning die het apparaat nodig heeft voor een stroomsterkte van 1 A.*

Als formule geschreven:  $R = \frac{U}{I}$

Weerstand betekent dus 'tegenstand'.

Vaak hangt de weerstand van een apparaat af van de temperatuur. De weerstand van een gloeilampje bijvoorbeeld hangt af van de temperatuur van de gloeidraad. Hoe hoger die temperatuur, hoe groter de weerstand. Dus ook: hoe groter de stroomsterkte door de gloeidraad, hoe groter de weerstand. Want bij grotere stroomsterkte wordt de gloeidraad warmer.

### Weerstand en de deeltjestheorie

Dat apparaten een elektrische weerstand hebben verklaar je met dit idee uit de deeltjestheorie: *Deeltjes trillen altijd. Hoe hoger de temperatuur, hoe heftiger. Ook atomen (of moleculen) die op vaste plaatsen zitten, trillen op hun vaste plaats.*

Nu is weerstand te verklaren. Het trillen van de metaalatomen maakt het voor de vrije elektronen in het metaal soms lastig om van de ene naar de andere elektronenwolk te gaan. Hoe hoger de temperatuur, hoe heftiger de trilling dus hoe lastiger het voor de vrije elektronen wordt. Het stromen gaat moeilijker. Dus hoe groter de weerstand.



*Een goede netkabel heeft een zo klein mogelijke weerstand*

## Opgaven

41. a. Hebben stroomdraden, vergeleken met apparaten een kleine weerstand of juist een grote?  
b. Geleiden stroomdraden, vergeleken met apparaten, elektrische stroom beter of juist slechter?
42. a. Heeft de plastic mantel van een stroomsnoer, vergeleken met de koperen kern een kleine weerstand of juist een grote?  
b. Geleidt de plastic mantel elektrische stroom beter of juist slechter dan de koperen kern?
43. Gebruik de tabel op de vorige bladzij.  
Je sluit een spaarlamp van 15 W en een waterkoker van 1000 W aan op de netspanning (230 V).  
a. Leg uit of de stroomsterkte door de lamp groter of juist kleiner zal zijn dan 1 A.  
b. Leg uit hoe veel spanning er nodig is om door de spaarlamp een stroom van 1 A te laten lopen.  
c. Leg uit of de stroomsterkte door de waterkoker groter of juist kleiner zal zijn dan 1 A.  
d. Leg uit hoe veel spanning er nodig is om door de waterkoker een stroom van 1 A te laten lopen.
44. Je sluit twee lampen aan op de netspanning. Door lamp 1 gaat een stroom van 0,065 A, door lamp 2 gaat een stroom van 0,17 A.  
a. Leg uit (zonder berekening dus) welke lamp de grootste weerstand heeft.  
b. Bereken de weerstand van de lampen en controleer je antwoord op vraag a.
45. Je sluit een fietslampje van  $30\ \Omega$  aan op een batterij. Je meet een stroomsterkte van 200 mA.  
– Bereken de spanning tussen de polen van de batterij.
46. De stroomsterkte door een koffiezetter is 3,5 A.  
– Bereken de weerstand van het apparaat.
47. Een tv heeft een weerstand van  $353\ \Omega$ . Je sluit hem aan op de netspanning (230 V).  
– Bereken de stroomsterkte door de tv.
48. Een laptop heeft een weerstand van  $0,53\ \text{k}\Omega$ .  
– Bereken de stroomsterkte door de laptop.
49. Berekeningen  
Vul in de tabel hieronder de open plaatsen in. Noteer steeds niet alleen het antwoord maar ook de berekening.

$U$	$I$	$R$
4,5 V	0,90 A	... $\Omega$
250 V	... A	400 $\Omega$
... V	2,1 A	4,5 $\Omega$
24 kV	3,0 A	... $\Omega$
12 V	... A	3,2 $\text{k}\Omega$
... V	30 mA	80 $\Omega$



Een fietslampje

## 9 Elektrische schakelingen – schakelschema's

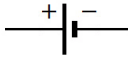

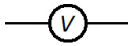
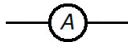

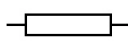

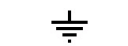
### Elektrische schakelingen

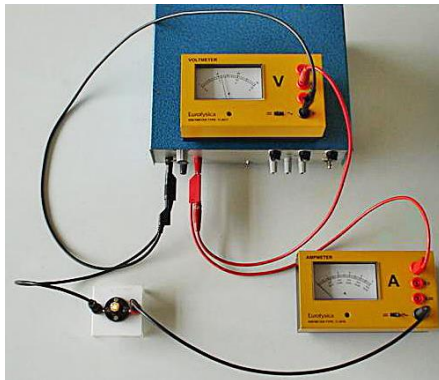
In elektrische apparaten zit vaak een elektrische *schakeling* (ook wel: elektrisch *circuit*). Dat is een netwerk van elektrische onderdelen die volgens een bepaald plan met elkaar zijn verbonden. Soms zijn die onderdelen met stroomdraden verbonden, meestal zijn ze op een printplaat gesoldeerd. Een printplaat is een dunne plaat van kunststof waarop smalle banen van koper zijn gemaakt, die als stroomdraden functioneren.

### Schakelschema

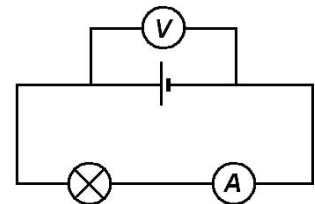
Voor het overzicht teken je een schakeling vaak sterk vereenvoudigd. Zo'n tekening heet een schakelschema.

De meest gebruikte schemasymbolen staan in de tabel.

Schemasymbolen	
	spanningsbron, gelijkspanning
	spanningsbron, wisselspanning
	voltmeter
	ampèremeter
	lamp
	weerstand
	schakelaar
	aarding



Links een schakeling, hieronder het schakelschema



### Nogmaals weerstand

In de tabel staat ook het schemasymbool voor een *weerstand*. Dat is een elektrisch onderdeel met maar één eigenschap: weerstand. Een weerstand geeft geen licht en geen geluid, een weerstand kan niet bewegen of schakelen tussen aan en uit – hij doet maar één ding: weerstand bieden aan elektrische stroom. Die weerstand is vaak onafhankelijk van de temperatuur (binnen zekere grenzen). Daarom geldt voor de meeste weerstanden dat de spanning over de weerstand recht evenredig is met de stroomsterkte door de weerstand. Je schrijft dan:  $U \sim I$ . Dat kun je ook schrijven als:

$$U = I \cdot R \quad \text{Hierin is } R \text{ de waarde van de weerstand, eenheid } \Omega.$$

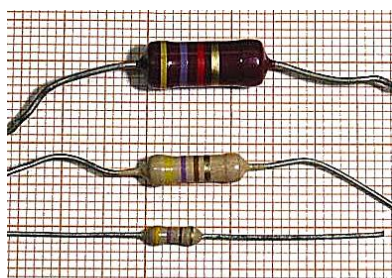
Deze formule staat bekend als de wet van Ohm.

Weerstanden worden in elektrische schakelingen gebruikt om:

- de spanning te verdelen over verschillende delen van de schakeling;
- de stroom te verdelen over verschillende delen van de schakeling;
- de stroomsterkte door onderdelen van de schakeling te begrenzen.

Het woord 'weerstand' heeft dus twee betekenissen:

- Een eigenschap van elk apparaat, die zegt hoe sterk het apparaat elektrische stroom hindert.
- Een onderdeel van een elektrische schakeling dat alleen maar weerstand heeft.



Drie weerstanden



#### Proef 4: onderzoek

- Onderzoek het verband tussen de spanning over, en de stroomsterkte door een constante weerstand. Maak een  $U,I$ -tabel en -grafiek en trek een conclusie.
- Onderzoek het verband tussen de spanning over, en de stroomsterkte door de gloeidraad van een gloeilampje. Maak een  $U,I$ -tabel en -grafiek en trek een conclusie over de weerstand van de gloeidraad.

#### Let op:

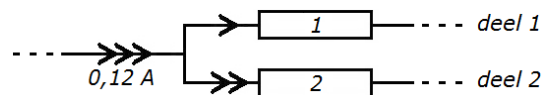
- Een voltmeter sluit je parallel aan, dat is: over de stroomkring. } (Zie eventueel §10).
- Een ampèremeter sluit je in serie aan, dat is: in de stroomkring. }
- Laat de schakelingen controleren vóór je de spanningsbron aanzet.

- Doe proef 4a virtueel, met de applet [Elektrische schakelingen \(1\)](#).  
Ga na of dat ook lukt voor proef 4b.

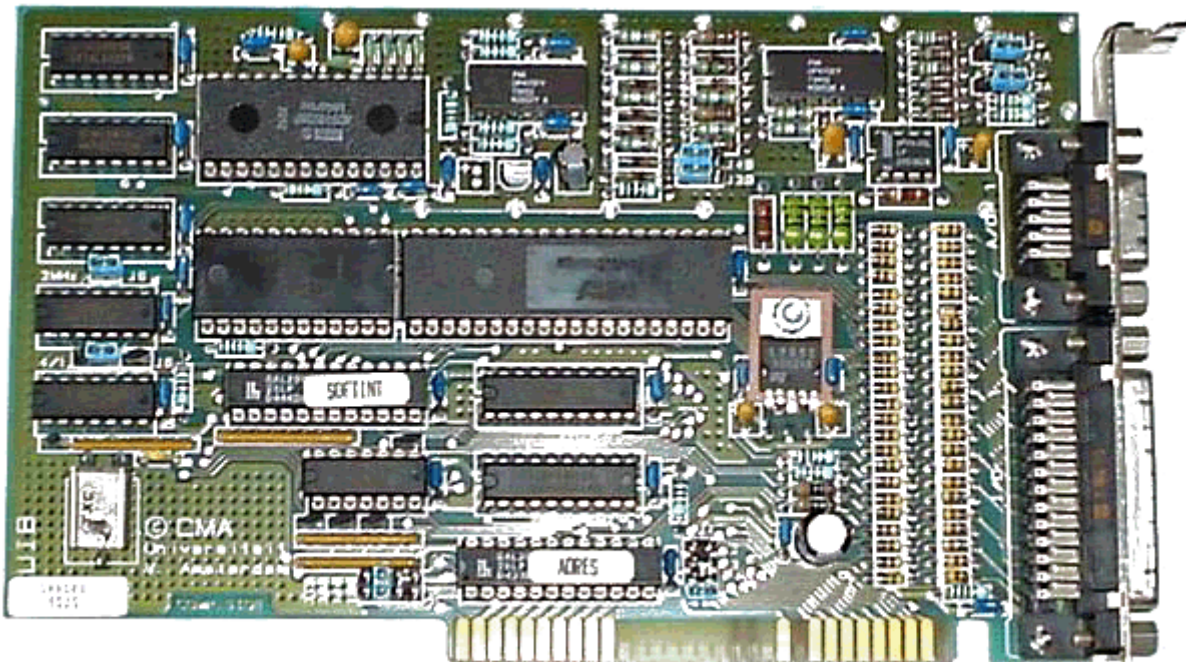
#### Opgave

##### 50. Stroom verdelen

Zie de figuur: Met twee weerstanden verdeel je een hoofdstroom van 0,12 A over twee delen van een schakeling. Door deel 2 moet een twee keer zo sterke stroom lopen als door deel 1.



- Bereken de stroomsterkte door deel 1 en 2.
- Weerstand 1 is  $500 \Omega$ 
  - Leg uit hoe groot je weerstand 2 moet nemen.
- Even later probeer je  $50 \Omega$  voor weerstand 1.
  - Leg uit hoe groot je weerstand 2 nu neemt.
- Leg uit of deze tweede keuze nog andere gevolgen voor de schakeling heeft.



Elektrische schakeling op een printplaat

## 10 Elektrische schakelingen – serie en parallel

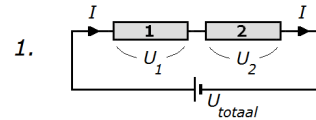
Er zijn drie soorten schakelingen: de serieschakeling, de parallelschakeling en de combischakeling.

### De serieschakeling

Met een serieschakeling verdeel je de totale spanning over verschillende onderdelen van de schakeling.

1. Herkenning  
De schakeling heeft geen vertakkingen.  
De weerstanden (apparaten) zijn met één gemeenschappelijke stroomdraad aangesloten, op een rij.
2. De spanning  
De totale spanning, tussen begin- en eindpunt, verdeelt zich over de weerstanden:
  - Hoe groter de weerstand, hoe groter de deelspanning.
  - De totale spanning is de som van de deelspanningen.
3. De stroomsterkte  
De stroomsterkte is door alle weerstanden even groot. Er kan onderweg immers geen stroom weglekken of bijkomen.
4. De totale weerstand  
Hoe meer weerstanden in serie, hoe groter de totale weerstand.

#### De serieschakeling: spanning verdelen



2.  $U_1 : U_2 = R_1 : R_2$   
 $U_{\text{totaal}} = U_1 + U_2$

3.  $I_1 = I_2 = I$

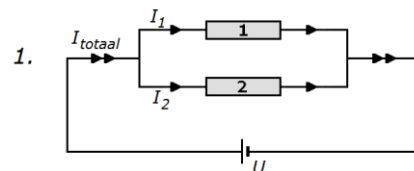
4.  $R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2$

### De parallelschakeling

Met een parallelschakeling verdeel je de totale stroom over verschillende onderdelen van de schakeling.

1. Herkenning  
De schakeling heeft één of meer vertakkingen.  
Elke weerstand (elk apparaat) is met een aparte stroomdraad aangesloten.
2. De spanning  
De spanning is over alle weerstanden even groot. Ze zijn namelijk allemaal op hetzelfde begin- en eindpunt aangesloten.
3. De stroomsterkte  
De hoofdstroom, tussen begin- en eindpunt, verdeelt zich over de weerstanden:
  - Hoe kleiner de weerstand hoe groter de deelstroomsterkte.
  - De totale stroomsterkte is de som van de deelstroomsterktes.
4. De totale weerstand  
Hoe meer weerstanden parallel hoe kleiner de totale weerstand.

#### De parallelschakeling: stroom verdelen



2.  $U_1 = U_2 = U$

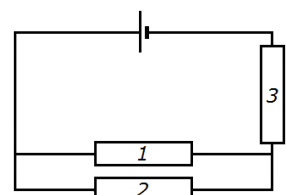
3.  $I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2}$   
 $I_{\text{totaal}} = I_1 + I_2$

4.  $\frac{1}{R_{\text{totaal}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

### De combischakeling (gemengde schakeling)

In een combischakeling staan sommige weerstanden in serie, andere parallel. Hiernaast staan weerstand 1 en 2 parallel. Weerstand 3 staat daar weer mee in serie.

Van zo'n schakeling wil je vaak de totale weerstand weten. De totale weerstand noem je ook wel de vervangingsweerstand.



### Proef 5: serieschakeling

Bouw zelf een serieschakeling en controleer met je eigen schakeling bovenstaande kenmerken 2 en 3 van de serieschakeling.

- Virtueel: met een van de applets [Elektrische schakelingen \(1\)](#) of [Elektrische schakelingen \(2\)](#).
- Met echte onderdelen. Bedenk eerst wat je nodig hebt. Laat voor je de spanningsbron aanzet de schakeling controleren.

### Proef 6: parallelschakeling

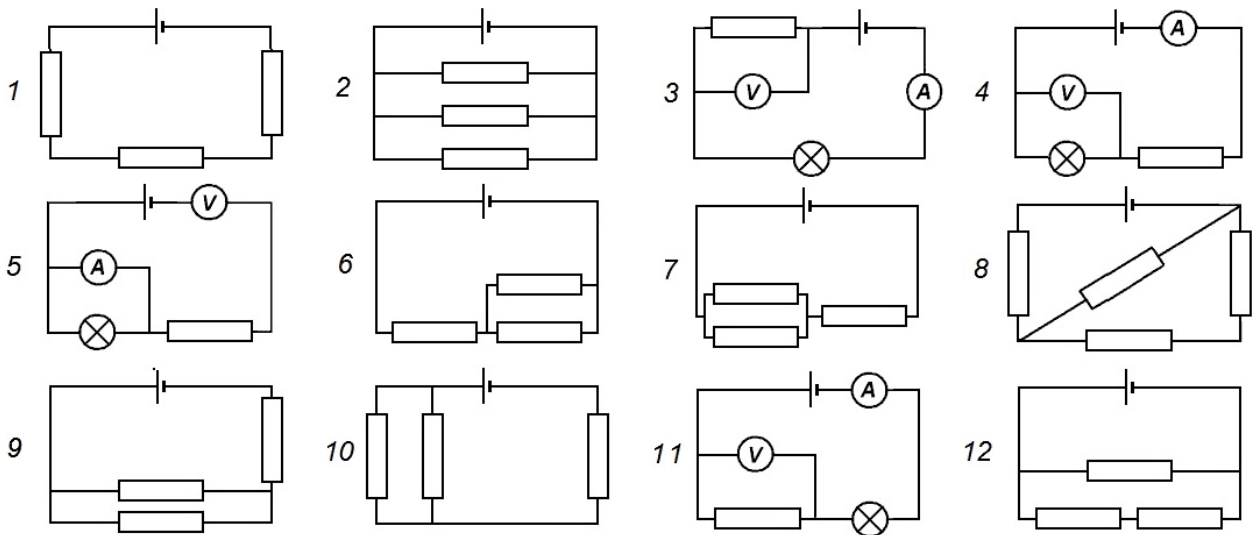
Bouw zelf een parallelschakeling en controleer met je eigen schakeling bovenstaande kenmerken 2 en 3 van de parallelschakeling.

- Virtueel: met een van de applets [Elektrische schakelingen \(1\)](#) of [Elektrische schakelingen \(2\)](#).
- Met echte onderdelen. Bedenk eerst wat je nodig hebt. Laat voor je de spanningsbron aanzet de schakeling controleren.

## Opgaven

### 51. Schakelschema's

- In één van de twaalf schakelingen hieronder zitten twee fouten.
  - Ga na in welke.
- Sommige schakelingen hieronder zijn identiek.
  - Ga na welke.



52. Teken het schema van een parallelschakeling van drie lampjes die je afzonderlijk aan en uit kunt doen. Neem in je schakeling ook een hoofdschakelaar op.

### 53. Autoverlichting

Teken het schakelschema van de lampen van een auto. Je zet alle lampen met één schakelaar aan en uit. Laat de binnenverlichting buiten beschouwing.

### 54. Serieschakeling – totale weerstand

Leg uit (zonder berekening dus) hoe groot de totale weerstand is van een serieschakeling van...

- ...twee weerstanden van elk  $10 \Omega$ .
- ...drie weerstanden van elk  $10 \Omega$ .
- ...vier weerstanden van elk  $10 \Omega$ .

### 55. Parallelschakeling – totale weerstand

Leg uit hoe groot de totale weerstand is van een parallelschakeling van...

- ...twee weerstanden van elk  $10 \Omega$ .
- ...drie weerstanden van elk  $10 \Omega$ .
- ...vier weerstanden van elk  $10 \Omega$ .

### 56. Combischakeling – totale weerstand

Leg uit hoe groot de totale weerstand is van een combischakeling van...

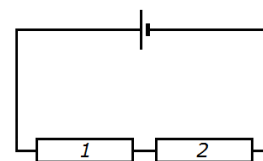
- ...twee parallelle weerstanden van  $10 \Omega$  elk, samen in serie met een derde weerstand van  $30 \Omega$ .
- ...drie parallelle weerstanden van  $10 \Omega$  elk, samen in serie met een derde weerstand van  $30 \Omega$  en een vierde weerstand van  $40 \Omega$ .

57. Serieschakeling – spanning verdelen

Zie de serieschakeling hiernaast. De bronspanning is 12 V.

Leg uit hoe groot de spanning over weerstand 1 ( $R_1$ ) en die over weerstand 2 ( $R_2$ ) is als:

- $R_1 = R_2$ .
- $R_1 = 5 \Omega$  en  $R_2 = 10 \Omega$ .
- $R_1 = 5 \Omega$  en  $R_2 = 15 \Omega$ .
- Nu is over weerstand 1 de spanning 10,3 V.
  - Leg uit hoe groot de spanning over weerstand 2 is.
  - Leg uit of  $R_2$  groter of juist kleiner is dan  $R_1$ .
- Wat weet je van de stroomsterkte door weerstand 1 en die door weerstand 2?
- Bereken de totale weerstand bij opgave b en bij opgave c.

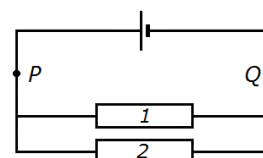


58. Parallelschakeling – stroom verdelen

Zie de parallelschakeling hiernaast. In P is de stroomsterkte 1,2 A.

Leg uit hoe groot de stroomsterkte door weerstand 1 ( $R_1$ ) en die door weerstand 2 ( $R_2$ ) is als:

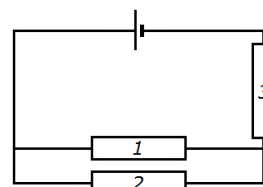
- $R_1 = R_2$ .
- $R_1 = 5 \Omega$  en  $R_2 = 10 \Omega$ .
- $R_1 = 5 \Omega$  en  $R_2 = 15 \Omega$ .
- Nu is door weerstand 1 de stroomsterkte 0,72 A.
  - Leg uit hoe groot de stroomsterkte door weerstand 2 is en de stroomsterkte door Q zijn.
  - Leg uit of  $R_2$  groter of juist kleiner is dan  $R_1$ .
- Wat weet je van de spanning over de weerstanden 1 en 2?
- Bereken de totale weerstand bij opgave b en bij opgave c.



59. Combischakeling

Drie weerstanden van elk  $1000 \Omega$  zijn geschakeld volgens het schema hiernaast. De bronspanning is 12 V.

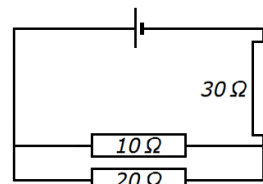
- Bepaal de totale weerstand, eerst zonder en dan met berekening.
- Bereken de sterkte van de hoofdstroom.
- Bereken de stroomsterkte door elke weerstand afzonderlijk.
- Bereken de spanning over elke weerstand afzonderlijk.



60. Nog een combischakeling

In de schakeling hiernaast is de bronspanning 12 V. Bereken:

- de vervangingsweerstand van het parallelle deel.
- de totale weerstand.
- de sterkte van de hoofdstroom.
- de stroomsterktes door de afzonderlijke weerstanden.

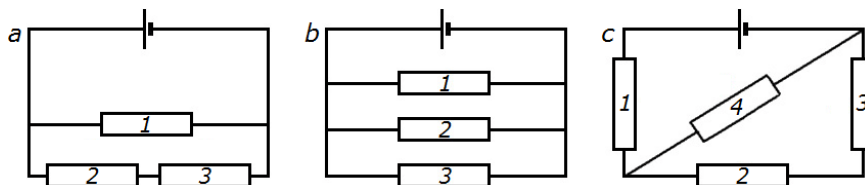


E 61. Nog meer combischakelingen

Voor de drie schakelingen hieronder geldt:

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ , ( $R_4 = 40 \Omega$ ),  $U_{bron} = 12 \text{ V}$ .

- Bereken van schakeling a achtereenvolgens:
  - de totale weerstand.
  - de sterkte van de hoofdstroom.
  - de stroomsterkte door elke weerstand afzonderlijk.
  - de spanning over elke weerstand afzonderlijk.
- Doe hetzelfde voor schakeling b.
- Doe hetzelfde voor schakeling c.



62. Elektrische kachel

In een elektrische kachel zitten drie verwarmingselementen van elk  $100 \Omega$ . Dat zijn lange, gewikkelde draden die warm worden als er stroom door gaat. De kachel heeft vier standen: 0 (uit), 1 (één element ingeschakeld), 2 (twee elementen parallel ingeschakeld) en 3 (drie elementen parallel ingeschakeld).

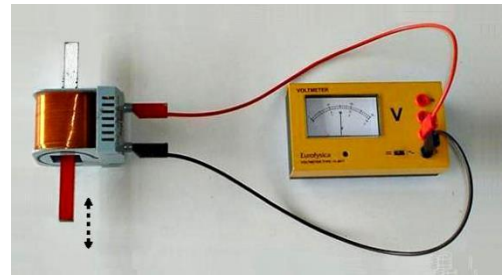
- Leg uit in welke stand de sterkte van de hoofdstroom door de kachel het grootst is.
- Bepaal zonder berekening de totale weerstand in stand 2 en in stand 3.
- Bereken de sterkte van de hoofdstroom in stand 3.

## 11 Productie van elektrische energie

### Proef 7: inductie

Neem een spoel, dat is een stuk geïsoleerd koperdraad dat om een kern gewonden is. Neem bijvoorbeeld een spoel van 1200 windingen. Neem ook een gevoelige voltmeter. Stel de nulstand van de meter in het midden van de schaal. *Gebruik geen spanningsbron.*

Zie de foto hiernaast. Als je een sterke staafmagneet in en uit de spoel beweegt meet je zonder spanningsbron toch een elektrische spanning over de spoel.



Wat je nu gezien hebt heet *elektromagnetische inductie*: een bewegende magneet in een spoel veroorzaakt over de spoel een elektrische spanning, en bij gesloten kring dus ook een elektrische stroom.

In elektriciteitscentrales wordt inductie benut om elektrische energie te produceren. Water wordt verhit. De stoom die daarbij ontstaat, blaast onder hoge druk tegen een turbine. Die gaat daardoor draaien. Magneten draaien met de turbine mee, langs spoelen, en wekken in die spoelen elektrische energie op. (Een turbine is een groot schoepenrad). Zie de applet [Dynamo, generator](#).

### Energieproblematiek

Rond de productie van elektrische energie zijn er twee grote problemen:

- Uitputting

De meeste elektriciteitscentrales verbranden steenkool, aardgas of aardolie om het water te verhitten. Deze *fossiele brandstoffen* halen we uit de aardkorst. De wereldvoorraad raakt op den duur op.

- Milieuvervuiling

Bij verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat kooldioxide (CO<sub>2</sub>). Dat versterkt het broeikaseffect, waardoor het klimaat kan veranderen. Andere stoffen die ontstaan vervuilen lucht, water en bodem.

Zuinig zijn met energie is dus verstandig. Elektrische apparaten hebben daarom een energielabel (zie §6).

### Alternatieve energieproductie

Wetenschappers en technici zoeken andere manieren om elektrische energie te produceren. Omzetting van zonne-energie en windenergie wordt al toegepast. Er zijn centrales die werken op afval als brandstof. In zogeheten *kerncentrales* wordt kernenergie in elektrische energie omgezet.

### Zonne-energie

Een zonnecel zet lichtenergie (zonne-energie) om in elektrische energie. Een zonnecel bestaat uit twee lagen silicium. De lichtenergie maakt in de ene laag elektronen vrij. De zonnecel is zo gemaakt dat die vrijgemaakte elektronen altijd 'oversteken' naar de andere laag. In de ene laag ontstaat dus een elektronentekort en in de andere laag een overschot. Zo wordt de zonnecel een spanningsbron.

### Proef 8: zonnecel

Neem een kleine zonnecel, met een oppervlak van circa 1 dm<sup>2</sup>. Sluit op de cel een elektromotortje aan. Zet de opstelling in de zon en kijk hoe de zonnecel zonne-energie omzet in elektrische energie, en hoe het elektromotortje die weer in bewegings-energie omzet (en warmte).

Hiernaast zie je een foto van zonnepanelen op het dak van een woonhuis. De zonnecellen in de panelen zetten zonne-energie om in elektrische energie voor de bewoners.



Zonnepanelen op het dak van een huis

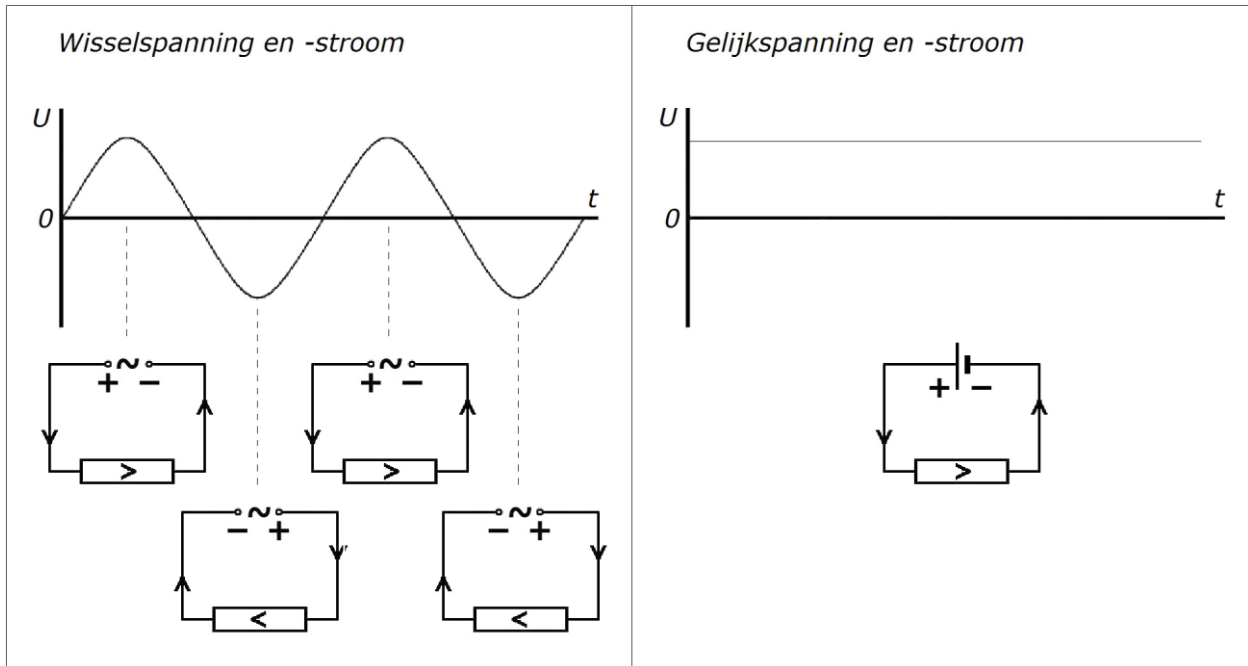
### Opgaven

63. Geef twee redenen waarom het verstandig is om thuis zuinig te zijn met energie.
- E 64. Zoek met behulp van het internet uit hoe groot het vermogen en het rendement kunnen zijn van:
- a. Een *conventionele* elektriciteitscentrale. Een conventionele centrale is een 'gewone' centrale, die fossiele brandstof verbrandt.
  - b. Een zonnecel. Zoek ook uit waarvan het vermogen van een zonnecel afhangt. (Het vermogen van een zonnecel heet ook wel de *opbrengst*).
  - c. Een windturbine (dat is een moderne windmolen). Zoek ook uit waarvan het vermogen van een windturbine afhangt.

## 12 Wisselspanning en -stroom. De transformator

### Wisselspanning: nogmaals proef 7

Proef 7 was een kennismaking met *inductie*: een bewegende magneet in een spoel veroorzaakt een spanning over de spoel en bij gesloten kring ook een stroom. De voltmeter waarmee je die inductiespanning waarnam had de nulstand in het midden en sloeg afwisselend naar links en naar rechts uit. Zo zag je duidelijk dat de inductiespanning een *wisselspanning* was. Dat is een spanning waarvan plus en min steeds omwisselen. Zie de figuur hieronder, die wisselspanning en -stroom vergelijkt met gelijkspanning en -stroom.

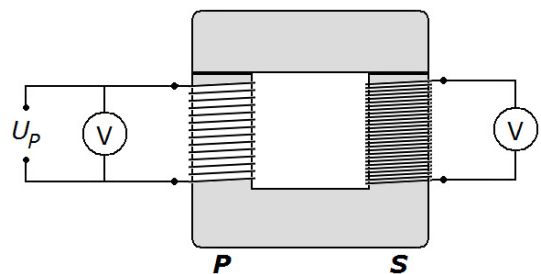


De energiebedrijven bieden elektrische energie aan onder een wisselspanning van 230 V (in Europa). Waarom een wisselspanning en geen gelijkspanning? Dat wordt duidelijk na proef 9.

### Proef 9: transformator

Zie de figuur. Neem een U-vormig stuk ijzer. Schuif om het linkerbeen van de U een spoel van 300 windingen en om het rechterbeen een spoel van 600. Zet dan een sluitstuk (een *juk*) op de U. Je hebt nu een *transformator* gemaakt.

Sluit de linker spoel aan op een spanningsbron van 6 V die gelijkspanning en wisselspanning kan geven. Zet die spanning nog niet aan. Omdat de spanningsbron op de linker spoel is aangesloten heet die nu de *primaire spoel (P)*, en de rechterspoel de *secundaire spoel (S)*. Sluit op beide spoelen een voltmeter aan met een bereik van circa 15 V, geschikt voor gelijk- en wisselspanning.



#### a. Gelijkspanning

Stel de spanningsbron in op 6 V gelijkspanning en zet hem aan. Je ziet nu natuurlijk dat de primaire voltmeter 6 V aangeeft. Maar je ziet ook dat de secundaire voltmeter heel even uitslaat, bij het inschakelen van de primaire spanning. Dat is opvallend, want op de secundaire spoel is geen spanningsbron aangesloten en de spoelen maken geen elektrisch contact. Als je de spanningsbron uitschakelt slaat de secundaire voltmeter opnieuw even uit.

#### b. Wisselspanning

- Stel de spanningsbron in op 6 V wisselspanning en zet hem aan. Je ziet de primaire voltmeter weer 6 V aangeven, nu wisselspanning. De secundaire voltmeter meet nu ook een spanning, circa 12 V, *terwijl op de secundaire spoel geen spanningsbron aangesloten is.*
- Zet de spanning uit en ontkoppel de spanningsbron en de meters. Draai de transformator om, zodat de secundaire spoel nu de primaire wordt en andersom. Sluit alles weer aan en zet dan de spanning weer aan, 6 V wisselspanning. Je ziet de primaire voltmeter uiteraard weer 6 V wisselspanning aangeven. De secundaire voltmeter meet weer een spanning, nu circa 3 V, *terwijl op de secundaire spoel nog steeds geen spanningsbron aangesloten is.*

### Conclusies uit proef 9

- Met een transformator kun je elektrische energie overdragen van de primaire stroomkring aan de secundaire stroomkring, zonder elektrisch contact tussen de kringen.
- Dat kan alleen met wisselspanning en -stroom, niet met gelijkspanning en -stroom.
- Als het aantal secundaire windingen ( $N_S$ ) groter/kleiner is dan het aantal primaire windingen ( $N_P$ ), dan is de secundaire spanning ( $U_S$ ) ook groter/kleiner dan de primaire ( $U_P$ ).

E Als formule geschreven: 
$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

### Energieoverdracht

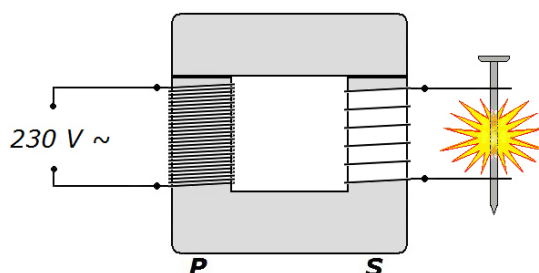
Een transformator draagt dus elektrische energie over van de primaire aan de secundaire stroomkring. Meestal is het rendement van die overdracht iets kleiner dan 100% omdat een klein deel van de elektrische energie wordt omgezet in warmte. De transformator wordt een beetje warm.

- E Een *ideale* transformator heeft een rendement van 100%. Die wordt niet warm omdat hij alle elektrische energie overdraagt van de primaire aan de secundaire kring. Het primaire vermogen ( $P_P$ ) is dus gelijk aan het secundaire vermogen ( $P_S$ ).

E Als formule geschreven: 
$$P_P = P_S \Leftrightarrow U_P \cdot I_P = U_S \cdot I_S$$

### Proef 10: spijker doorsmelten

Neem een transformator met primair 600 en secundair 6 windingen. Dat geeft secundair een 100 keer zo kleine spanning en een 100 keer zo sterke stroom. Sluit de primaire spoel aan op de netspanning (230 V ~) en sluit de secundaire spoel kort met een spijker. De spijker is kort en dik dus heeft een heel kleine weerstand. Zo kan de stroom in de secundaire kring heel sterk worden. Daardoor wordt de spijker zo heet dat hij gaat gloeien en uiteindelijk doorsmelt.



### Waarom juist wisselspanning?

Je begrijpt nu waarom de energiebedrijven *wissel*spanning aanbieden: wisselspanning kun je transformeren (omvormen), gelijkspanning niet. Daardoor heb je in een woonhuis aan één spanning genoeg. Als in elk elektrisch apparaat door de fabrikant een transformator wordt ingebouwd die de 230 V netspanning transformeert tot de spanning die het apparaat nodig heeft, kun je alle apparaten probleemloos op het stopcontact aansluiten.

### Transport van elektrische energie

De elektrische energie die de elektriciteitscentrales produceren legt meestal een lange weg af van de centrale naar het stopcontact van de consument. Om onderweg zo min mogelijk energie te verliezen wordt de energie onder hoogspanning getransporteerd: 50 tot 380 kV. Hoe hoger de transportspanning, hoe kleiner het energieverlies onderweg. Bij een constant elektrisch vermogen hoort bij een hoge spanning immers altijd een kleine stroomsterkte. Dat geeft weinig warmteontwikkeling in de transportkabels. In verdeelstations en transformatorhuisjes wordt de hoogspanning omlaag getransformeerd naar de 230 V voor de consument.

### Opgaven

#### 65. Netspanning

- a. Leg uit waarom de netspanning een wisselspanning is. Ontdekking en beheersing van elektromagnetische inductie zijn van groot maatschappelijk belang.
- b. Leg dat uit.

In de volgende opgaven is elke transformator ideaal.

- E 66. Hierboven staat: *Bij een constant elektrisch vermogen hoort bij een hoge spanning immers altijd een kleine stroomsterkte. Dat geeft weinig warmteontwikkeling in de transportkabels.*
- Leg dat uit. Gebruik bij je uitleg een formule.

- E 67. Je hebt een spanningsbron van 12 V wisselspanning en een transformator met primair 300 windingen. Het aantal secundaire windingen is instelbaar van 50 tot 2400.
- Bereken de kleinste en de grootste secundaire spanning die je met deze transformator kunt krijgen. Je wilt een secundaire spanning van 3 V.
  - Bereken het aantal secundaire windingen dat je nodig hebt. Je sluit een apparaat aan op de secundaire spanning van 3 V. De secundaire stroomsterkte is dan 20 mA.
  - Bereken de primaire stroomsterkte. Dan sluit je op de primaire spoel een gelijkspanningsbron van 12 V aan.
  - Hoe groot is nu de secundaire spanning? Licht je antwoord toe.
- E 68. Oplader  
 Je mobiele telefoon werkt op een spanning van 4 V. Je sluit de oplader aan op de netspanning. In de oplader zit een transformator.
- Leg uit welke transformatorspoel de meeste windingen heeft: de primaire of juist de secundaire.
  - Bereken de *transformatieverhouding*: de verhouding van het aantal primaire en secundaire windingen. Als je mobiel is opgeladen maak je hem los van de oplader. De oplader zelf laat je in het stopcontactzitten.
  - Leg uit of de oplader dan nog elektrische energie verbruikt.
  - Bedenk hoe je het antwoord op vraag c kunt controleren.

E 69. Soldeerpistool

Met een elektrisch soldeerpistool kun je *solderen*: blijvende elektrische verbindingen maken. Je houdt bijvoorbeeld de uiteinden van twee stroomdraden tegen elkaar en laat er een druppel gesmolten *soldeer* (een metaallegering) op vallen. Als de druppel stolt zitten de draden vast.

Zie de figuur. In het soldeerpistool zit een transformator. De primaire spoel (P) sluit je aan op de netspanning. Het uiteinde (U) van de secundaire spoel (S) wordt dan zo heet dat je er vast soldeer mee kunt laten smelten.

– Leg de werking van het soldeerpistool uit.

