

ISAAC

MODULE

5

CORRECTIE-
SLEUTEL



**Elektrische systemen
(deel 1)**

FYSICA 4

D-finaliteit • 2 uur

Inhoud

ISAAC-moment

ISAAC-moment: rekenen met citroenen	03
---	----

1 Inleiding	04
2 Elektrische lading	05
3 Spanning	08
3.1 Spanningsbron	09
3.1.1 Gelijkspanningsbron	10
3.1.2 Wisselspanningsbron	11
3.2 Meten van spanning	12
4 Stroomsterkte	15
4.1 Geleiders en isolatoren	15
4.2 Elektrische stroom in geleiders	16
4.3 Stroomsterkte	16
5 Gelijkstroomkringen	19
6 Elektrische weerstand	21
6.1 Elektrische weerstand: onderzoek	22
6.2 Wet van Ohm	26
6.3 Geleidbaarheid	26
6.4 Warmteontwikkeling in een weerstand: wet van Joule	28
7 Vermogen	31
8 Verder oefenen?	33

ISAAC-actie

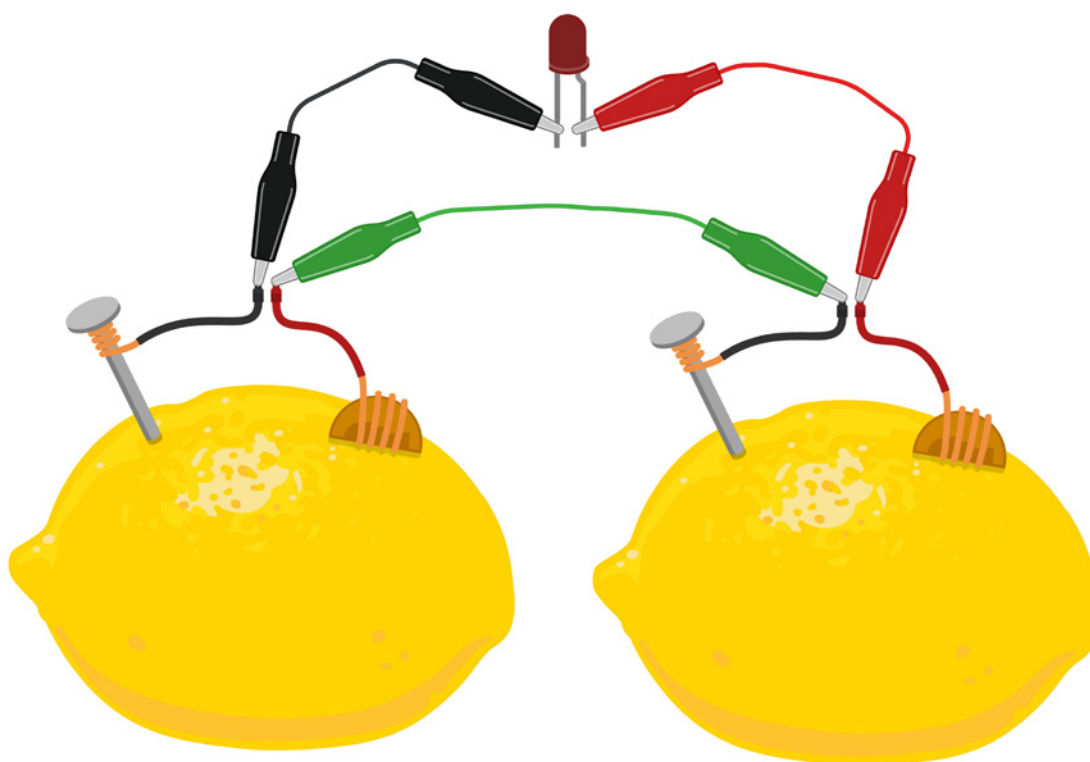
ISAAC-actie: aan de slag met 'Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab'	48
---	----

STUDIEWIJZER

Studiewijzer	51
--------------------	----

Rekenen met citroenen

Rekenen met citroenen, dat klinkt vreemd! Hoe kan een citroen een rekensom uitrekenen? Dat kom je te weten door het filmpje via de QR-code te bekijken.



1 Inleiding

Elektriciteit is één van de meest ontzagwekkende fenomenen van de natuur. Denk bijvoorbeeld maar aan de bliksem: deze weerspiegelt al sinds mensenheugenis de kracht van elektriciteit.

In de oudheid werden sieraden van barnsteen gemaakt. Deze sieraden hadden de bijzondere eigenschap om lichte voorwerpen en haartjes aan te trekken. Zowel Thales als Plato (6e en 4e eeuw voor Christus) dachten dat dit amber een 'levende ziel' bevatte.



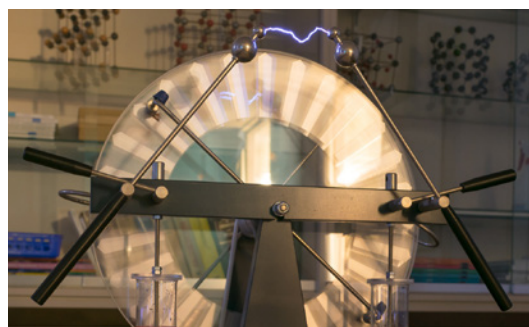
De barnstenen hadden echter door wrijving een lading gekregen. Op deze manier kwam de mens, zonder het goed en wel te beseffen, in aanraking met elektrostática. De door wrijving elektrisch geladen barnsteen noemde ze in het Grieks '**elektron**'. De eerste stap in de wereld van de elektriciteit was hiermee gezet.

Pas tweeduizend jaar later, rond 1600, kwam de ontdekking van de elektriciteit in een stroomversnelling. In 1600 publiceerde William Gilbert (1544 – 1603) zijn verhandeling

"De magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure" (over de magneet, magnetische lichamen en de grote magneet de Aarde). Hierin legde hij zijn onderzoek en experimenten op het vlak van elektriciteit en magnetisme uit. In het boek gebruikte hij trouwens de uitdrukking '**elektrica**'. De interesse voor dit wetenschappelijk werk was enorm.

Geïnspireerd door Gilbert gingen heel wat Europese wetenschappers aan de slag met elektriciteit. Er werden elektriseermachines en Leidse flessen ontworpen en men slaagde erin om aanzienlijke elektrische vonken te produceren.

De Amerikaan Ben Franklin (1705 – 1790) ontdekte vervolgens dat elektrische vonken en bliksem hetzelfde fenomeen zijn. In 1747 mat de Britse filosoof Henry Cavendish (1731 – 1810) de geleidbaarheid (het vermogen van een materiaal om elektrische stroom door te laten) van verschillende materialen. De Franse militaire ingenieur Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806) ontdekte in 1779 de elektrostatische kracht die zorgt voor aantrekking en afstoting van ladingen.



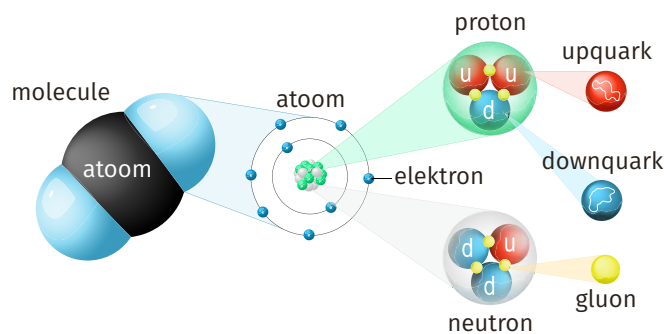
Deze wet werd later 'de wet van Coulomb' gedoopt. Een aantal jaar later, in 1786, liet Galvani kikkerspieren samentrekken door er een elektrische puls van een elektrostatische machine door te laten gaan.

Na het werk van Cavendish en Galvani droegen ook heel wat andere, belangrijke wetenschappers en uitvinders bij tot de ontdekking van de elektrodynamica. Hiertoe behoorden onder andere Alessandro Volta (1745 – 1827) uit Italië, de Franse wiskundige André-Marie Ampère (1775 – 1836) en de natuurkundige Georg Ohm (1789 – 1854) uit Duitsland.

We komen deze wetenschappers verder in deze module nog tegen.

2 Elektrische lading

Men heeft lang gedacht dat lading en materie los van elkaar stonden. Ondertussen weet men echter dat lading ingebakken is in materie. Materie bestaat uit atomen, welke bestaan uit een kern waarrond elektronen bewegen. De kern bestaat uit zijn beurt dan weer uit één of meerdere protonen en neutronen. Elk van die protonen en neutronen bevatten drie quarks.



Een proton is positief geladen en heeft als lading $+1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Dit wordt ook wel de elementaire lading $+e$ genoemd.

Een elektron is negatief geladen en heeft een lading gelijk aan $-e$. De lading van het elektron is dus even groot, maar tegengesteld aan de lading van het proton.

e wordt de elementaire lading genoemd. De lading van andere deeltjes is een geheel veelvoud van deze lading. Enkel de quarks voldoen niet aan deze regel, hun lading is $-\frac{1}{3}e$ of $+\frac{2}{3}e$.

Het neutron is neutraal en heeft dus geen elektrische lading.

Voor wat de massa betreft, zijn het proton en het neutron beduidend zwaarder dan het elektron. Het is wel opmerkelijk dat het proton en het neutron ongeveer dezelfde massa hebben.

DEELTJE	MASSA	LADING
proton	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$+1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
elektron	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
neutron	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	0 C

We definiëren de grootte lading dan als volgt:



Lading is een fundamentele eigenschap van de deeltjes waaruit de materie is opgebouwd.

GROOTHEID		EENHEID	
NAAM	SYMBOOL	NAAM	SYMBOOL
lading	Q	coulomb	C

De SI-eenheid van lading is de **coulomb**. Deze eenheid is vernoemd naar Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806), een Franse natuurkundige die zich bezighield met elektriciteit en magnetisme. Ook de wet van Coulomb is naar hem vernoemd.

De eenheid coulomb is een grote eenheid. Een lading wordt dan ook meestal uitgedrukt in mC (millicoulomb), μC (microcoulomb), nC (nanocoulomb),...



Er zijn twee soorten elektrische ladingen: positieve en negatieve ladingen.

Het proton heeft lading $+e$; het elektron heeft lading $-e$.



Ladingen oefenen een elektrische kracht uit op elkaar.

Gelijksoortige ladingen stoten elkaar af, ongelijksoortige ladingen trekken elkaar aan.

Ladingen zitten ingebakken in materie. Ze kunnen dus niet zomaar ontstaan of gemaakt worden.



WIJST-JE-DAT

Charm-quark ontdekt in proton!

18/08/2022

Heel lang werd ervan uitgegaan dat het proton uit drie quarks bestaat: twee up- en een down-quark. Deze worden bij elkaar gehouden door de gluonen. Binnen het proton heerst echter de wondere wereld van de kwantummechanica en daar kunnen al eens hoogst verwonderlijke dingen voorkomen. En ja hoor: ook het proton schijnt een staaltje van deze kwantummagie te vertonen.

Onderzoekers hebben namelijk sterke aanwijzingen gevonden die aantonen dat er ook charm-quarks in protonen huizen. Nu zou je kunnen denken: “Wat is hier nu zo interessant aan?”, maar dan weet je natuurlijk nog niet dat het charm-quark zwaarder is dan het proton zelf. Stel je voor dat je een kilogram suiker zou kopen, waar dan twee kilogram zout uit tevoorschijn komt. Dit lijkt alle wetten van de fysica te tarten, maar de kwantummechanica heeft nu eenmaal zo zijn eigen willetje.

Het is nog iets te vroeg om echt van een ontdekking te kunnen spreken, maar de onderzoeksresultaten zijn alleszins hoopvol!

Meer lezen hierover? Scan dan de QR-code.



Zoals jullie al zagen in het ISAAC-moment, zijn het de elektronen die voor een elektrische stroom zorgen.

Een metaal is doorgaans ideaal om elektrische stroom door te laten gaan. In een metaal zitten de positieve metaalionen op een vaste positie in een metaalrooster. De elektronen bewegen op hun beurt als vrije elektronen door het metaalrooster.



Deze vrije elektronen krijgen hun energie om te bewegen uit een spanningsbron. De hoeveelheid energie die per lading wordt meegegeven, wordt weergegeven in de nieuwe grootte spanning.

3 Spanning

De **spanning** U geeft aan hoeveel elektrische energie per lading wordt meegegeven:

$$U = \frac{\Delta E}{Q}$$

Waarbij:

E = de elektrische energie (in joule)

Q = de lading (in coulomb)

GROOTHEID		EENHEID	
NAAM	SYMBOOL	NAAM	SYMBOOL
spanning	U	volt	V

De SI-eenheid van spanning is de volt, genoemd naar de Italiaanse natuurkundige Alessandro Volta (1745 – 1827). Deze vond in 1800 de eerste chemische batterij, de zuil van Volta, uit.



De **volt** is een afgeleide eenheid. Er geldt:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} \quad \left(\text{volt} = \frac{\text{joule}}{\text{coulomb}} \right)$$

We hebben het ondertussen al een aantal keer over de spanningsbron gehad. Laten we dit begrip even onder de loep nemen.

3.1 Spanningsbron

Jullie kennen vast wel een aantal spanningsbronnen. In heel wat toestellen zitten bijvoorbeeld batterijen. Vaak zijn dit losse batterijen, maar ook in jullie gsm zit een batterij die je af en toe moet opladen. Elk huis heeft tegenwoordig ook een aantal stopcontacten. Ook deze leveren een spanning. We bekijken deze spanningsbronnen even naderbij.



Alle spanningsbronnen hebben twee polen, de aansluitingspunten. Het is tussen die twee aansluitingspunten dat een batterij een spanning onderhoudt.



Een batterij of andere **spanningsbron** onderhoudt een spanning tussen twee polen.

3.1.1 Gelijkspanningsbron

Bij batterijen kunnen we duidelijk een positieve en een negatieve pool zien. Dergelijke spanningsbronnen leveren gelijkspanning. Er bestaan ook regelbare gelijkspanningsbronnen. Deze hebben jullie waarschijnlijk in het labo. Om deze als gelijkspanningsbron te gebruiken, moet je de aansluitpunten waar DC bij staat gebruiken, ook daar zie je duidelijk een + en een - staan. Door aan de draaiknop te draaien, kan je het aantal volt, dat de spanningsbron levert, wijzigen.



DC staat voor 'Direct Current' (= gelijkstroom). Op toestellen voor gelijkspanning staat naast DC ook vaak het volgende symbool voor gelijkspanning:

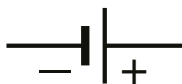


Een **gelijkspanningsbron** levert gelijkspanning, hierbij is de spanning constant.



Bij een gelijkspanningsbron verlaten de elektronen de bron altijd aan de minpool, ze doorlopen de stroomkring en komen terug binnen in de bron aan de pluspool.

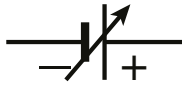
Een **gelijkspanningsbron** wordt schematisch als volgt voorgesteld:



De minpool wordt voorgesteld door een kort, dik streepje.

De pluspool wordt voorgesteld door een lang, dun streepje.

Als je de grootte van de spanning op de spanningsbron kan regelen, spreken we van een **variabele of regelbare gelijkspanningsbron**. Deze wordt schematisch als volgt voorgesteld:



3.1.2 Wisselspanningsbron

Op een stopcontact zien we geen + of – staan. Dat komt omdat de plus- en de minpool voortdurend wisselen bij een wisselspanningsbron.

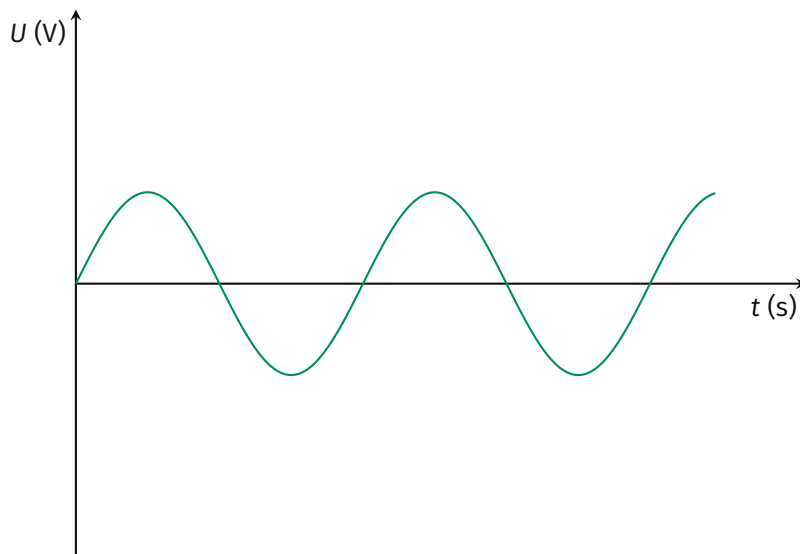
Een wisselspanningsbron levert dus **wisselspanning**.

Dat wisselen gebeurt heel snel. In Europa is dat 50 keer per seconde, de frequentie van de wisselspanning is dus 50 Hz (Hertz).

In het labo hebben jullie waarschijnlijk ook een wisselspanningsbron. Dit kan eventueel dezelfde spanningsbron zijn als degene die jullie voor gelijkspanning gebruiken. Voor wisselspanning gebruik je dan de aansluitpunten waar AC bij staat.



Bij **wisselspanning** verandert de spanning sinusoidaal.



Een wisselspanningsbron wordt schematisch als volgt weergegeven:



AC staat voor 'Alternating Current' (= wisselstroom).

Op toestellen voor wisselspanning staat naast AC ook vaak het volgende symbool voor wisselspanning:



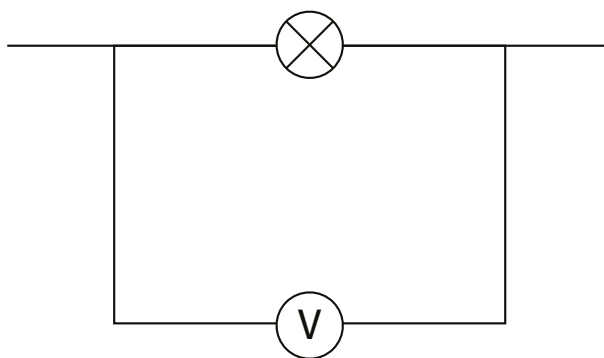
WIST-JE-DAT

Het net levert ons in België een spanning van 230 V. De netspanning verschilt echter van land tot land: in Canada, bijvoorbeeld, bedraagt de netspanning 120 V. Via de QR-code vind je een overzicht van de netspanning in verschillende landen. Daarnaast bestaan er ook heel wat verschillende stopcontacten.



3.2 Meten van spanning

Om de spanning te meten, maken we gebruik van een **voltmeter**. Met een voltmeter meet je de spanning tussen twee punten.



Deze twee punten worden verbonden met de twee aansluitingspunten van de voltmeter: de plus- of V-aansluiting en de min- of COM-aansluiting.

De voltmeter wordt over het toestel geplaatst en wordt dus in **parallel** geschakeld.



In het onderdeel Techniek van de module 'InSpanning' uit de eerste graad zagen jullie al serie- en parallelschakelingen.

Er bestaan analoge (met een wijzer) en digitale voltmeters. Hieronder zien jullie een paar modellen.

Ook multimeters kunnen gebruikt worden om spanning te meten.

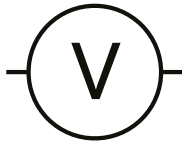


© Eurofysica

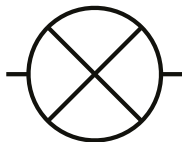


© Eurofysica

De symbolische voorstelling van een voltmeter is:



Het cirkeltje met het kruis is de symbolische voorstelling van een lampje:





Hoog- en laagspanning

Je hebt waarschijnlijk wel al eens gehoord van hoog- en laagspanning. Met laagspanning worden wisselspanningen tot 1000 V en gelijkspanningen tot 1500 V bedoeld. Hieronder valt dus ook de netspanning die onder andere in woningen gebruikt wordt.

Hogere spanningen worden dan weer als hoogspanning aangeduid.

Het transport van grote hoeveelheden elektrische energie gebeurt door middel van hoogspanning. Om verlies aan elektrische energie tijdens het transport te beperken, moet dit bij een hoog vermogen gebeuren. Het transport vindt plaats over het hoogspanningsnet. Dit net kennen we allemaal van de hoogspanningsmasten, maar het hoogspanningsnet kan zich ook onder de grond in de vorm van hoogspanningskabels bevinden. Misschien heb je ook wel al eens een bordje met 'opgepast hoogspanning' bij elektrische treinen, schrikdraden of elektriciteitskasten gezien.



Verder heeft hoogspanning ook nog tal van toepassingen in de industrie en de onderzoekswereld.

4 Stroomsterkte

4.1 Geleiders en isolatoren

Niet alle stoffen geleiden elektrische stroom even goed. Sommige stoffen geleiden elektrische stroom zeer goed, andere stoffen geleiden dan weer helemaal niet. Laten we dit even van naderbij bekijken.



Een stof waarin elektrische lading zich goed kan verplaatsen, noemt een **geleider**.

Een metaal heeft vrije elektronen. Die elektronen kunnen zich gemakkelijk verplaatsen, metalen worden dus bijvoorbeeld in elektrische apparaten gebruikt om voor de geleiding van de elektronen te zorgen.



Soms maakt men ook gebruik van halfgeleiders zoals silicium. Deze zijn geleidend onder bepaalde omstandigheden.

Vloeistoffen zijn geleidend als er zouten in opgelost zijn. Het menselijk lichaam bestaat voor een groot deel uit vloeistoffen met opgeloste zouten (bijvoorbeeld weefselvocht, bloed, ...) en is dus geleidend.

Gassen geleiden als ze geïoniseerd zijn zoals in natriumlampen, tl-buizen, ... Bliksem, bijvoorbeeld, is eigenlijk een ontlading in geïoniseerde lucht.

Wil je weten hoe een tl-lamp werkt? Scan dan de QR-code.

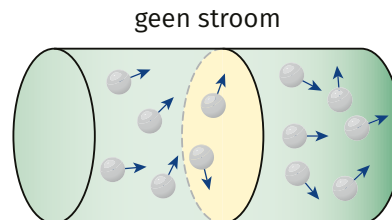


Stoffen die niet geleiden, noemen we **isolatoren**.

Voorbeelden van isolatoren zijn: glas, pvc, hout, ... Deze materialen bevatten geen vrije elektronen en geleiden de elektrische stroom niet.

4.2 Elektrische stroom in geleiders

In een geleider bewegen de vrije elektronen omwille van hun thermische energie door de kristalstructuur van het materiaal. Hun beweging is willekeurig, in alle richtingen en door elkaar. Aangezien er per seconde evenveel elektronen naar links als naar rechts bewegen, is er dus geen (netto) elektrische stroom.

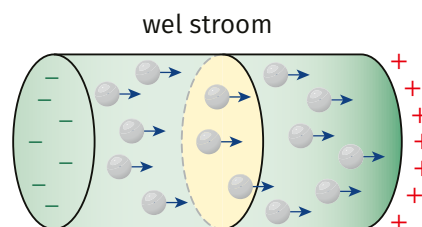


Dit verandert als we die geleider aansluiten op een spanningsbron. Als er een spanning wordt aangebracht, wordt het ene uiteinde van de geleider positief en het andere uiteinde negatief.

De overmaat aan elektronen aan de negatieve pool zorgt voor een afstotende kracht (gelijksoortige ladingen stoten elkaar immers af) die de vrije elektronen (negatieve ladingen) doet verplaatsen naar (in dit geval) rechts. Het resultaat is een netto beweging van de vrije elektronen van het negatieve uiteinde van de geleider naar het positieve uiteinde. Er ontstaat dus een elektrische stroom.

De kinetische energie van de elektronen kan dan door het elektrisch toestel worden omgezet in warmte (bijvoorbeeld in een waterkoker), licht (bijvoorbeeld in een gloeilamp), bewegingsenergie (bijvoorbeeld in een motor),...

Het onderdeel van de fysica dat de beweging van ladingen bestudeert, noemen we de **elektrodynamica**.



4.3 Stroomsterkte



De **stroomsterkte** I geeft weer hoeveel lading per tijdseenheid door een geleider stroomt.

De stroomsterkte is dus de verhouding van de hoeveelheid lading ΔQ tot de tijdsduur Δt waarin de lading door de geleider stroomt. Deze verhouding is altijd positief, dus de stroomsterkte is ook altijd positief.

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

GROOTHEID		EENHEID	
NAAM	SYMBOOL	NAAM	SYMBOOL
stroomsterkte	I	ampère	A

De stroomsterkte I is een basisgrootte, de ampère A is een basiseenheid.

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

De ampère is vernoemd naar André-Marie Ampère (1775 – 1836). Deze Franse natuur- en wiskundige wordt beschouwd als de vader van het elektromagnetisme.

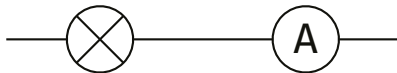


Metten van stroomsterkte

Om de stroomsterkte te meten, maken we gebruik van een **ampèremeter**.

Een ampèremeter meet de stroomsterkte die door een stroomdraad gaat. Om de stroomsterkte te meten, moeten we de stroomdraad op een bepaalde plaats onderbreken om de ampèremeter ertussen te plaatsen.

De twee aansluitpunten van de ampèremeter: de plus- of A-aansluiting en de min- of COM-aansluiting worden aan de stroomdraad bevestigd waardoor de ampèremeter in **serie** in de stroomkring staat.



Er bestaan analoge (met een wijzer) en digitale ampèremeters (met cijfers). Hieronder zien jullie een paar modellen.



© Eurofysica

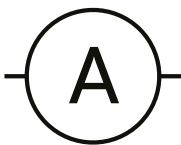


© Eurofysica

De stroomsterkte kan ook met een multimeter gemeten worden.



De symbolische voorstelling van een ampèremeter is:



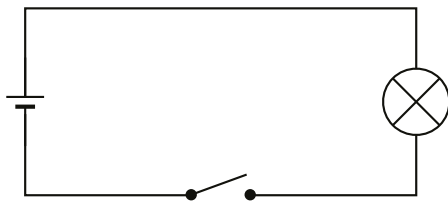
Nu bezitten we voldoende basis om aan de slag te gaan en een stroomkring te maken. We beperken ons in deze module tot gelijkstroomkringen.

5 Gelijkstroom- kringen

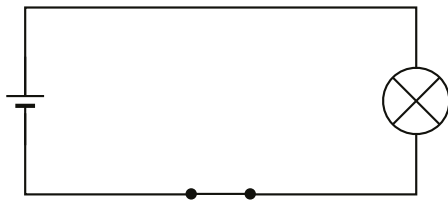
Als we een aantal elektrische componenten aan elkaar schakelen, maken we een (elektrische) schakeling.

Door een spanningsbron in onze schakeling te plaatsen en ervoor te zorgen dat de kring gesloten is, maken we een stroomkring.

Het eenvoudigste voorbeeld van een stroomkring bestaat uit een spanningsbron, een lampje en eventueel een schakelaar.



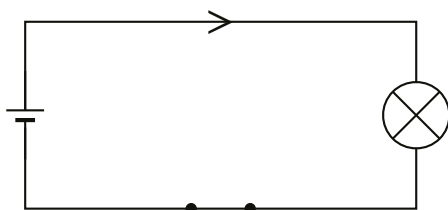
Op bovenstaande figuur loopt er nog geen elektrische stroom door de stroomkring. De schakelaar is namelijk open. Dit is een **open stroomkring**.



Nu de schakelaar gesloten is, gaat er wel een elektrische stroom door de stroomkring. Dit is een **gesloten stroomkring**.

We weten reeds dat de elektronen voor de elektrische stroom zorgen, ze bewegen van de minpool van de spanningsbron naar de pluspool.

Men heeft echter lang gedacht dat zowel negatieve als positieve ladingen zich verplaatsen in een geleider. Men heeft toen de bewegingszin van de positieve ladingen gekozen als **conventionele stroomzin**. Deze is dus tegengesteld aan de **werkelijke stroomzin**, welke de bewegingszin van de vrije elektronen is. De conventionele stroomzin wordt nog steeds in de keten aangeduid door een pijl en gaat dus van de pluspool naar de minpool van de spanningsbron.





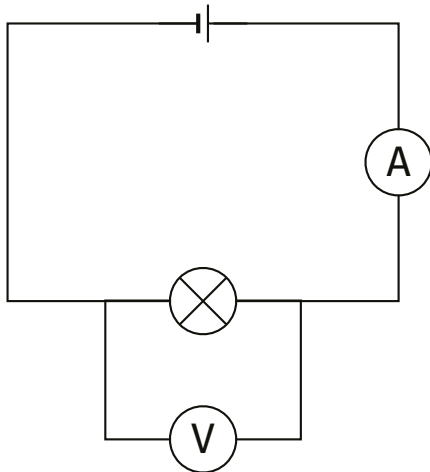
WIST-JE-DAT

In tegenstelling tot een elektrische stroom in metalen, bewegen bij een elektrische stroom in vloeistoffen, gasen of batterijen zowel positieve als negatieve ladingen.

In metalen kunnen enkel de vrije elektronen vrijuit bewegen. De positieve metaalionen zitten vast op hun roosterpositie. In vloeistoffen, gasen en batterijen kunnen zowel de negatieve ionen als de positieve ionen vrijuit bewegen. De negatieve ionen worden dan aangetrokken door de pluspool van de spanningsbron, de positieve ionen worden door de minpool aangetrokken. De positieve en negatieve ionen bewegen dus in tegengestelde zin ten opzichte van elkaar.

Als we een ampère- en voltmeter in de stroomkring plaatsen, kunnen we de stroomsterkte en de spanning in de stroomkring meten. Zoals we reeds zagen worden deze als volgt in de stroomkring geplaatst:

- De ampèremeter wordt in serie geschakeld met de lamp.
- De voltmeter wordt in parallel geschakeld met de lamp.



Op deze manier kunnen we allerlei stroomkringen bouwen, met meer en andere componenten.

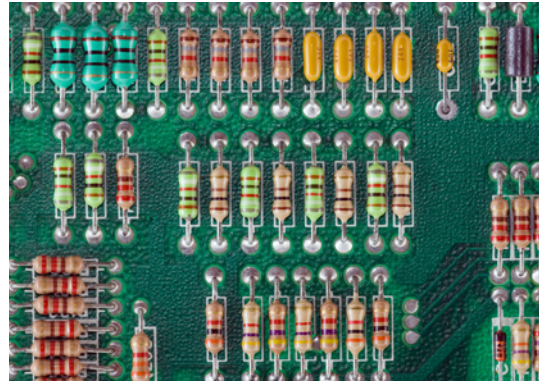
Ga zelf aan de slag met behulp van een virtuele applet. Scan hiervoor de QR-code.

- Maak met behulp van de applet zelf een stroomkring waarmee je een lampje laat branden. Ontdek en experimenteer ook eens met de andere componenten die je tegenkomt in de applet.



6 Elektrische weerstand

Als een elektrische stroom door een materiaal vloeit, dan wordt die in zekere mate gehinderd. De elektronen ondervinden immers weerstand van de roosterionen van de stof waar ze door bewegen. Die hinder wordt de elektrische weerstand genoemd.



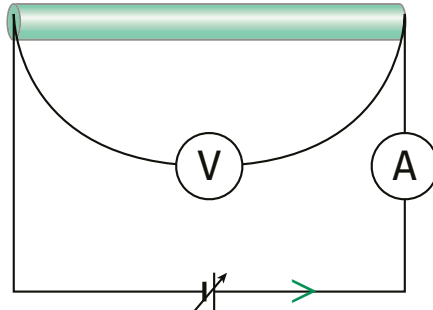
De **elektrische weerstand** geeft de mate weer waarin de doorgang van een elektrische stroom gehinderd wordt.

De elektronen gaan dus niet zonder hinder door het ionrooster. Ze hebben energie nodig om erdoor te bewegen. Deze energie wordt tijdens de doorgang door de stof gedeeltelijk omgezet in warmte. In een aantal elektrische toestellen wordt die warmte gebruikt voor de functie van het toestel, denk bijvoorbeeld maar aan een broodrooster, een waterkoker, een frituurpan, ... In deze toestellen kan je de weerstand trouwens duidelijk zien zitten. Ook in computers, televisietoestellen, ... zitten weerstanden.



6.1 Elektrische weerstand: onderzoek

We kunnen de elektrische weerstand van een geleider onderzoeken door deze als volgt in een stroomkring te plaatsen:



De stroomkring bestaat dus uit een geleider met een bepaalde weerstand, een regelbare gelijkspanningsbron, een ampèremeter en een voltmeter.



Als weerstand kan je een stuk nikkelchroomdraad, constantaandraad of een andere geleider, die je tussen twee klemmen bevestigt, gebruiken.

Voor we van start gaan, denken we na over wat we willen onderzoeken.

Het doel van de proef is het effect van de weerstand van de geleider op de stroomkring te onderzoeken. We gaan hiervoor, voor verschillende standen van de regelbare gelijkspanningsbron, de spanning over de geleider en de stroomsterkte meten. Het is belangrijk dat we ervoor zorgen dat de temperatuur van de geleider tijdens de proef constant blijft. Dit kunnen we doen door de spanningsbron telkens onmiddellijk uit te zetten tussen de verschillende metingen.



DOE DE TEST

Oriëntatie

ONDERZOEKSVRAAG

Wat is het verband tussen de stroomsterkte I en de spanning U over de geleider?

HYPOTHESE

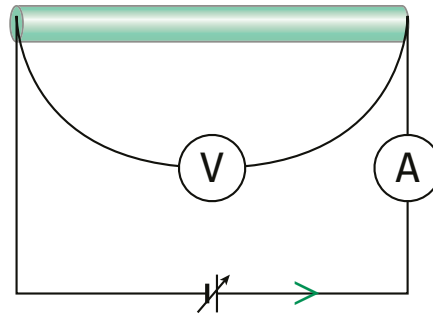
Eigen hypothese.

Voorbereiding

BENODIGDHEDEN

- regelbare spanningsbron
- constantaandraad (of andere geleidende draad)
- twee krokodillenklemmen
- ampèremeter
- voltmeter
- verbindingsdraden

PROEFOPSTELLING



WERKWIJZE

We meten, voor verschillende standen van de regelbare spanningsbron, de spanning over de geleider en de stroomsterkte. Het is belangrijk dat de temperatuur van de geleider tijdens de proef constant blijft. Dit doen we door de spanningsbron telkens onmiddellijk uit te schakelen tussen de verschillende metingen.

Uitvoering

MEETRESULTATEN

Het uitvoeren van de proef levert ons volgende meetresultaten op:

U (V)	I (A)
1,0	0,04
2,0	0,08
3,0	0,12
4,0	0,16
5,0	0,20
6,0	0,24
7,0	0,28

VERWERKING

We zien dat als de spanning U toeneemt, de stroomsterkte I ook toeneemt. Dit doet ons een recht evenredig verband vermoeden. We controleren dit vermoeden door de verhouding $\frac{U}{I}$ te berekenen.

U (V)	I (A)	$\frac{U}{I} \left(\frac{\text{V}}{\text{A}} \right)$
1,0	0,04	$25 = 3 \cdot 10$
2,0	0,08	$25 = 3 \cdot 10$
3,0	0,12	25

$U \text{ (V)}$	$I \text{ (A)}$	$\frac{U}{I} \left(\frac{\text{V}}{\text{A}} \right)$
4,0	0,16	25
5,0	0,20	25
6,0	0,24	25
7,0	0,28	25

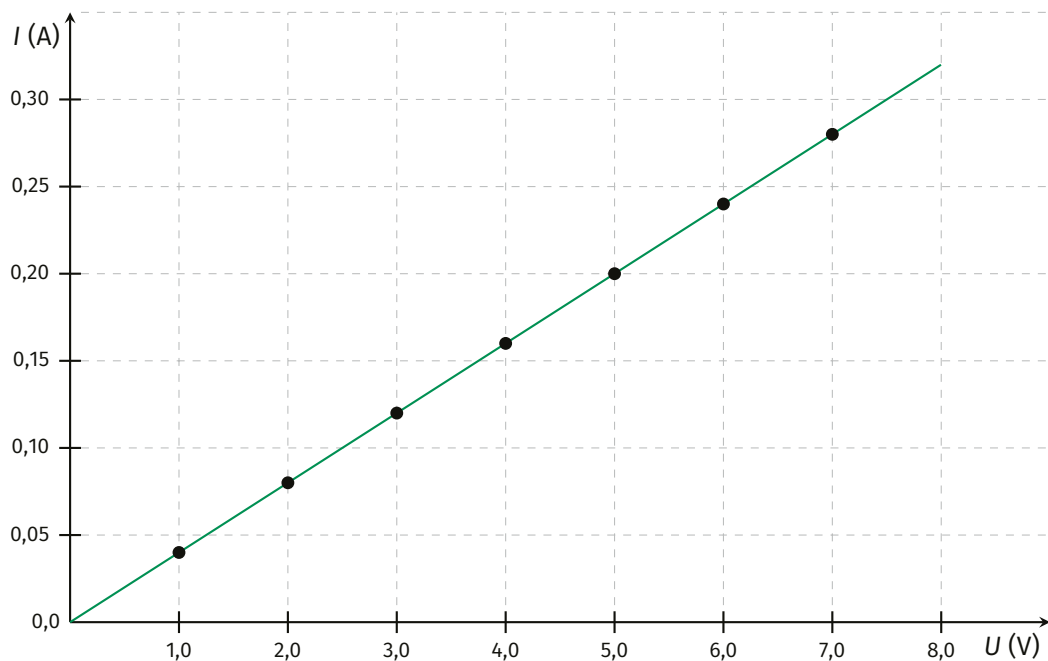
We vinden dat de verhouding $\frac{U}{I}$ constant is. Ons vermoeden klopt dus: U is recht evenredig met I .



Als de verhouding tussen twee grootheden constant is, dan zeggen we dat die twee grootheden recht evenredig zijn.

In dit geval is dus de stroomsterkte I recht evenredig met de overeenkomstige spanning U .

We zetten de meetresultaten uit in een $I(U)$ -grafiek. We verkrijgen een rechte door de oorsprong.



Ook in de grafiek zien we dus duidelijk het recht evenredig verband tussen I en U .

Reflectie

We formuleren een antwoord op onze onderzoeksvraag.

BESLUIT

De stroomsterkte I en de spanning U over de geleider zijn recht evenredig.

➤ Komt dit overeen met jouw hypothese? Kruis aan.

☐ Ja

☐ Nee

De verhouding $\frac{U}{I}$ is kenmerkend voor de gebruikte geleider.

We definiëren op basis hiervan de grootte weerstand:



De (elektrische) **weerstand** R van een geleider is de verhouding van de spanning U over die geleider tot de stroomsterkte I door die geleider:

$$R = \frac{U}{I}$$

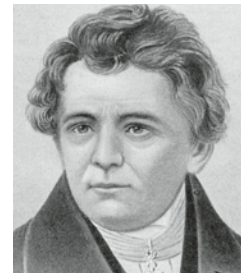
De weerstand R is altijd positief.

Het symbool voor de weerstand is R (van het Latijnse woord 'resistere', wat weerstand bieden betekent).

GROOTHEID		EENHEID	
NAAM	SYMBOOL	NAAM	SYMBOOL
weerstand	R	ohm	Ω

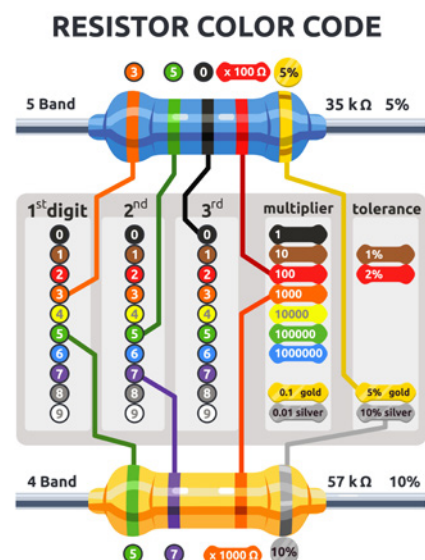
De ohm is vernoemd naar Georg Simon Ohm (1789 – 1854), een Duits wis- en natuurkundige. De wet van Ohm is ook naar hem vernoemd.

Het begrip **weerstand** is dus een fysische eigenschap van een systeem, die aangeeft of het systeem gemakkelijk of moeilijk stroom doorlaat. Een weerstand is dus een grootte. In het Engels duiden we dit aan met het begrip **resistance**.

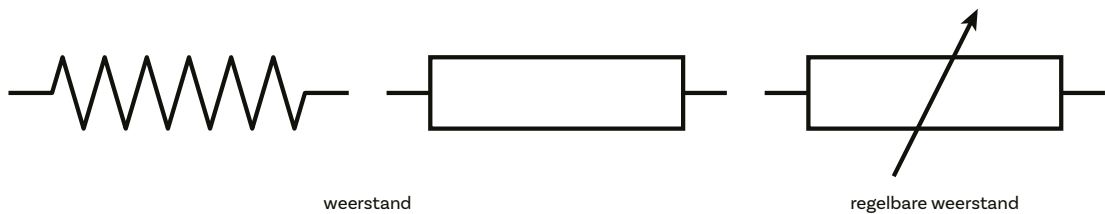


Het begrip weerstand wordt echter ook gebruikt om een voorwerp aan te duiden dat een weerstand heeft. Een weerstand is dus ook een object, een component dat in gebruikstoestellen zit en dat je kan kopen in een elektronicawinkel. In het Engels duiden we dit aan met het begrip **resistor**.

We gebruikten voor ons onderzoek een stuk geleidende draad als weerstand, maar weerstanden komen in de praktijk in veel verschillende vormen en kleuren voor. Hieronder zie je een aantal voorbeelden. Op veel weerstanden wordt een kleurcode weergegeven. Aan de hand daarvan kan de grootte van de weerstand bepaald worden.



De symbolische voorstelling van een weerstand is:



6.2 Wet van Ohm

De wet van Ohm is genoemd naar de natuurkundige Ohm en legt de relatie tussen spanning, weerstand en stroomsterkte.



De stroomsterkte door een geleider is recht evenredig met de spanning tussen de uiteinden van de geleider.

$$R = \frac{U}{I}$$

Of:

$$U = R \cdot I$$

Met:

U = de spanning (in V)

I = de stroomsterkte (in A)

R = de weerstand (in Ω)

Als voor een geleider de wet van Ohm geldt, dan noemen we dat een **ohmse weerstand** of lineaire weerstand. De weerstand van die geleiders hangt niet af van de spanning.

De wet van Ohm geldt voor de meeste geleiders.

Een voorwaarde is natuurlijk dat de temperatuur van de geleider constant blijft.

Voor halfgeleiders zoals silicium of germanium geldt de wet van Ohm niet.

6.3 Geleidbaarheid

De grootte elektrische geleidbaarheid is het omgekeerde van de grootte weerstand.

Als een geleider een lage weerstand heeft, dan heeft deze een grote geleidbaarheid. Omgekeerd, met een grote weerstand komt een lage geleidbaarheid overeen.



De **geleidbaarheid** G van een geleider is de verhouding van de stroomsterkte I tot de spanning U over de geleider:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

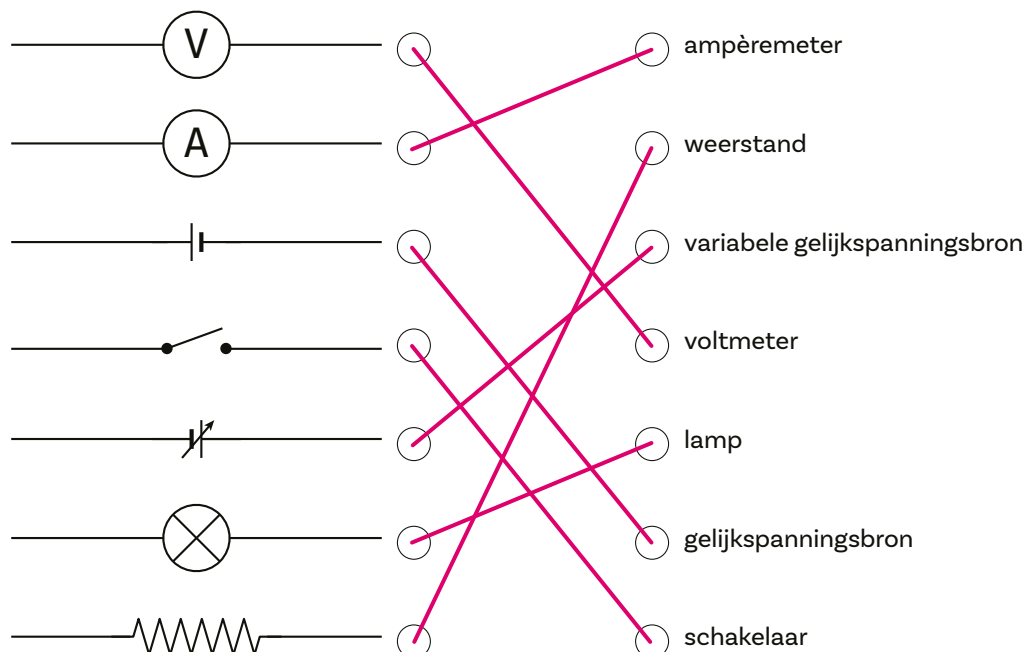
GROOTHEID		EENHEID	
NAAM	SYMBOOL	NAAM	SYMBOOL
geleidbaarheid	G	siemens	S

De eenheid siemens is genoemd naar de Duitse industrieel en uitvinder Werner von Siemens (1816 – 1892).

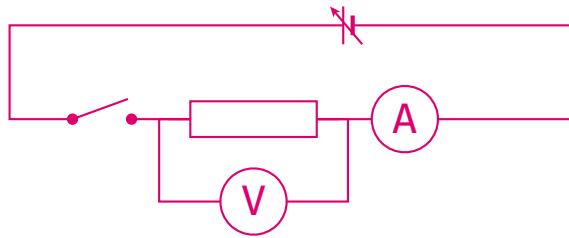


$$1\text{ S} = 1 \frac{\text{A}}{\text{V}}$$

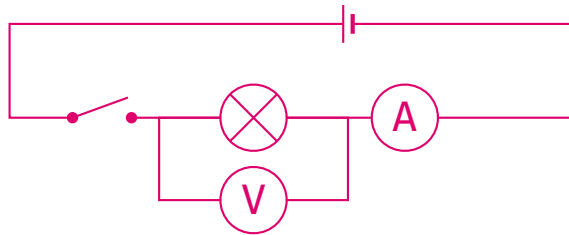
➤ We bespraken al een aantal elektrische componenten. Verbind de symbolische voorstelling met de juiste component.



- Teken een gelijkstroomkring met daarin een voltmeter, een ampèremeter, een schakelaar, een variabele gelijkspanningsbron en een weerstand.



- Teken een gelijkstroomkring met daarin een voltmeter, een ampèremeter, een gelijkspanningsbron, een schakelaar en een lamp.



6.4 Warmteontwikkeling in een weerstand: wet van Joule

In een geleider vertrekt een elektron aan de minpool van de gelijkspanningsbron. Daar krijgt het elektron een potentiële elektrische energie E_{el} mee. Die energie wordt omgezet in kinetische energie tijdens de beweging van het elektron door het ionrooster. Onderweg botst het elektron voortdurend met de roosterionen. Het elektron staat hierbij zijn kinetische energie af aan deze roosterionen. De roosterionen absorberen deze kinetische energie en gaan daardoor harder trillen. Hierdoor warmt de geleider op. Dit fenomeen noemen we het **Joule-effect**.

Heel wat toestellen die we dagelijks gebruiken zijn gebaseerd op dit Joule-effect. Denk maar aan een waterkoker, een frituurpan of een broodrooster. Bij al deze toestellen kan je de weerstand, die voor de warmteontwikkeling zorgt, duidelijk zien zitten. Bij andere toestellen zit deze weerstand wat meer verstopt, zoals bij een wasmachine, een elektrische radiator of een strijkijzer.



elektrische vloerverwarming



verwarmingselement in een kookplaat



elektrische verwarming



elektrisch deken



elektrische waterkoker



elektrische boiler



broodrooster



strijkijzer



frituurpan



verwarmingselement wasmachine

➤ Welke elektrische toestellen die gebruik maken van het Joule-effect heb jij thuis? Som er een aantal op.

Bijvoorbeeld: wasmachine, broodrooster, elektrische verwarming, haardroger,

koffiezetapparaat, waterkoker, ...

De wet van Joule: theoretische afleiding

De formule voor de potentiële elektrische energie wordt gegeven door:

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

Waarbij:

Q = de elektrische lading (in coulomb, C)

U = de spanning (in volt, V)

Als we ervan uitgaan dat alle potentiële elektrische energie in warmte-energie wordt omgezet, dan vinden we:

$$\Delta E_{\text{el}} = Q_{\text{lading}} \cdot U = Q_{\text{warmte}}$$



Let op: zowel de grootte lading als de grootte warmte hebben als symbool Q . Dat is hier verwarrend... Voor de duidelijkheid noteren we daarom in de index de naam van de grootte.

Aangezien:

$$I = \frac{\Delta Q_{\text{lading}}}{\Delta t}$$

Als we dit invullen in bovenstaande formule, dan vinden we:

$$Q_{\text{warmte}} = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Verder hebben we ook:

$$U = R \cdot I$$

We vinden dus:

$$Q_{\text{warmte}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

Dit is de **wet van Joule**.



Wet van Joule

De warmtehoeveelheid Q_{warmte} geproduceerd in een geleider met weerstand R waar gedurende een tijdsduur Δt een stroom I doorloopt, is:

$$Q_{\text{warmte}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

De ontwikkelde warmtehoeveelheid Q_{warmte} is dus afhankelijk van de weerstand R , de stroomsterkte I en de tijdsduur Δt .

We bekijken even de eenheden die voorkomen in deze formule: de eenheid van warmte is joule (J), dus:

$$1 \text{ J} = 1 \Omega \cdot \text{A}^2 \cdot \text{s}$$

7 Vermogen

We weten ondertussen dat in een geleider elektrische energie wordt omgezet in warmte.

Het vermogen, ontwikkeld in de geleider, is hierbij:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{Q_{\text{warmte}}}{\Delta t} = \frac{R \cdot I^2 \cdot \Delta t}{\Delta t} = R \cdot I^2$$

We kunnen deze formule nog herschrijven door de wet van Ohm te gebruiken:

$$P = R \cdot I^2 = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$$



Het **vermogen** P , ontwikkeld in een weerstand R waarover een spanning U staat en waardoor een stroom I loopt, is:

$$P = R \cdot I^2 = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$$

Welke formule je gebruikt om het vermogen P uit te rekenen, hangt af van welke grootheden gekend zijn.

Het vermogen van een gebruikstoestel geeft dus weer hoeveel elektrische energie per tijdseenheid kan omgezet worden. Bij een aantal elektrische toestellen zal die energie omgezet worden in warmte, zoals bij een waterkoker. Bij andere elektrische toestellen wordt die energie omgezet naar een andere energievorm (en nog een klein deel in warmte). Denk maar aan een mixer: daar wordt de elektrische energie omgezet in kinetische energie. Een deel van de elektrische energie wordt hierbij ook omgezet in warmte: de mixer draait rond en het toestel en de verbindingdraad warmen een beetje op.



Het vermogen van deze KitchenAid is 300 W.

Als je een elektrisch toestel gaat kopen, kan je meestal kiezen uit een aantal toestellen met een verschillend vermogen. In de volgende tabel zie je een overzicht van het gemiddeld vermogen van een aantal elektrische toestellen.

ELEKTRISCH TOESTEL	VERMOGEN (W)
diepvries	200
droogkast	2300 (vermogen weerstand)
elektrische oven	2200
elektrische waterkoker	1000
gloeilamp	50
koffiezetapparaat	1000
microgolfoven	1000
spaarlamp	20
stofzuiger	800
strijkijzer	1200
TV	150
vaatwasmachine	1900 (vermogen weerstand)
wasmachine	1950 (vermogen weerstand)

We bekijken even de eenheden die voorkomen in de formule voor het vermogen. De eenheid van vermogen is watt (W), dus:

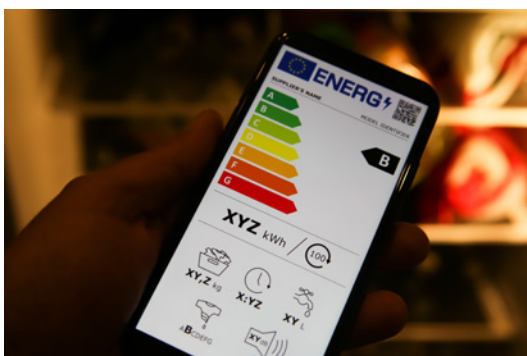
$$1 \text{ W} = 1 \Omega \cdot A^2 = 1 \text{ V} \cdot A = 1 \frac{\text{V}^2}{\Omega}$$

Een andere eenheid die we vaak tegenkomen, bijvoorbeeld op energielabels of op je energiefactuur is kWh.





De eenheid kilowattuur bestudeerden we al in module 1 'Energieomzettingen'.



8 Verder oefenen?

Begrijpen

1 Vul aan met recht evenredig/omgekeerd evenredig en af/toe.

- Bij een constante weerstand zijn spanning en stroomsterkte recht evenredig. Als we de spanning laten dalen, dan neemt de stroomsterkte af.
- Als we bij een regelbare weerstand de weerstand laten afnemen, dan neemt de geleidbaarheid toe. Weerstand en geleidbaarheid zijn dus omgekeerd evenredig.
- Als bij een constante weerstand de stroomsterkte afneemt, dan neemt de spanning af.
- Bij een regelbare weerstand verhogen we de weerstandswaarde geleidelijk en wordt de spanning constant gehouden. De stroomsterkte neemt dan af.

2 Leg volgende begrippen uit:

- a** geleidbaarheid
- b** stroomsterkte
- c** weerstand
- d** spanning

a De geleidbaarheid G van een geleider is de verhouding van de stroomsterkte I tot de spanning U over de geleider:

$$G = \frac{I}{U}$$

De geleidbaarheid geeft dus weer hoe goed de geleider de elektrische stroom geleidt. De geleidbaarheid is het omgekeerde van de grootte weerstand.

b De stroomsterkte I geeft weer hoeveel lading per tijdseenheid door een geleider stroomt.

De stroomsterkte is dus de verhouding van de hoeveelheid lading ΔQ tot de tijdsduur Δt waarin de lading door de geleider stroomt:

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

c De elektrische weerstand geeft de mate weer waarin de doorgang van een elektrische stroom gehinderd wordt.

De weerstand R is de verhouding van de spanning U over de geleider tot de stroomsterkte I door die geleider:

$$R = \frac{U}{I}$$

- d De spanning U geeft aan hoeveel elektrische energie per lading wordt meegegeven:

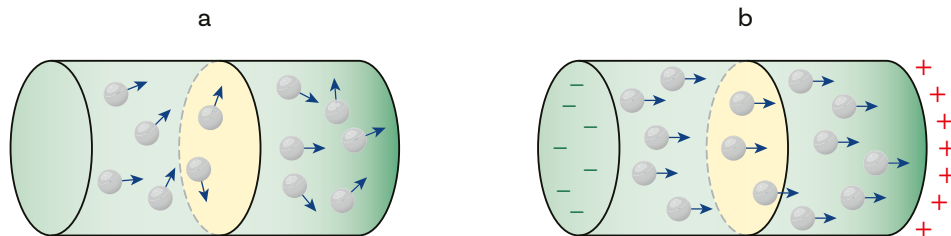
$$U = \frac{\Delta E}{Q}$$

- 3 Hoe ontstaat elektrische stroom? Leg uit.

Een metaal heeft vrije elektronen. Deze elektronen kunnen zich gemakkelijk verplaatsen. De vrije elektronen bewegen, omwille van hun thermische energie, willekeurig, in alle richtingen, door elkaar. Er is dan geen elektrische stroom: er bewegen per seconde evenveel elektronen naar links als naar rechts. Dit verandert als we de geleider aansluiten op een spanningsbron. Als er een spanning wordt aangebracht, wordt het ene uiteinde van de geleider positief en het andere uiteinde negatief.

De overmaat aan elektronen aan de negatieve pool zorgt voor een afstotende kracht (gelijksoortige ladingen stoten elkaar immers af). Deze afstotende kracht zorgt ervoor dat de vrije elektronen (negatieve ladingen) zich verplaatsen richting de positieve pool. Het resultaat is dus een netto beweging van de vrije elektronen van het negatieve uiteinde van de geleider naar het positieve uiteinde. Er ontstaat dus een elektrische stroom.

4



Bij welke afbeelding is er sprake van een elektrische stroom? Leg uit.

Bij afbeelding b is er sprake van een elektrische stroom: de elektronen bewegen van de minpool van de geleider naar de pluspool. Dit is tegenstelling tot afbeelding a: daar bewegen er gemiddeld per seconde evenveel elektronen naar links als naar rechts.

- 5 Geef vijf voorbeelden van huishoudelijke toestellen met een weerstand waarbij het verwarmend effect van de weerstand gebruikt wordt.

- broodrooster
- frituurpan
- waterkoker
- haardroger
- droogkast

- 6 Geef de wet van Ohm, verklaar alle gebruikte grootheden. Leg met je eigen woorden uit wat deze wet juist betekent.

De stroomsterkte door een geleider is recht evenredig met de spanning tussen de uiteinden van de geleider:

$$R = \frac{U}{I}$$

Of:

$$U = R \cdot I$$

Met:

U = de spanning (in V)

I = de stroomsterkte (in A)

R = de weerstand (in Ω)

7 Leg het Joule-effect uit en geef de formule.

In een geleider vertrekt een elektron aan de minpool van de gelijkspanningsbron. Daar krijgt het elektron een potentiële elektrische energie E_{el} mee. Die energie wordt tijdens de beweging van het elektron door het ionrooster omgezet in kinetische energie. Onderweg botst het elektron voortdurend met de roosterionen. Het elektron staat hierbij zijn kinetische energie af aan deze roosterionen. De roosterionen absorberen deze kinetische energie en gaan daardoor harder trillen. Hierdoor warmt de geleider op. Dit fenomeen noemen we het Joule-effect.

De warmtehoeveelheid Q_{warmte} geproduceerd in een geleider met weerstand R waar gedurende een tijdsduur Δt een stroom I doorloopt, is:

$$Q_{\text{warmte}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

8 Hebben onderstaande deeltjes en ladingen een positieve of negatieve lading? Plaats ze in de juiste kolom.

proton / elektron / 6 mC / -9 mC / $-13 \cdot 10^2 \text{ C}$ / $-4,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ / $25 \cdot 10^{-23} \text{ C}$ / $3 \cdot 10^6 \text{ C}$

POSITIEF	NEGATIEF
proton	elektron
6 mC	-9 mC
$25 \cdot 10^{-23} \text{ C}$	$-13 \cdot 10^2 \text{ C}$
$3 \cdot 10^6 \text{ C}$	$-4,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

9 Leg het verschil uit tussen een geleider en een isolator.

Een geleider is een stof waarin elektrische stroom zich goed kan verplaatsen. Isolatoren daarentegen zijn stoffen die niet geleiden.

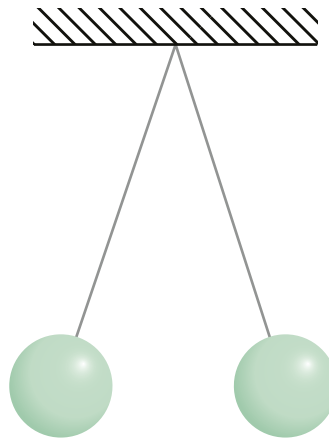
10 Vul aan.

GROOTHEID	SYMBOOL GROOTHEID	EENHEID	SYMBOOL EENHEID
spanning	U	volt	V
stroomsterkte	I	ampère	A
weerstand	R	ohm	Ω
geleidbaarheid	G	siemens	S
vermogen	P	watt	W

11 Vul aan.

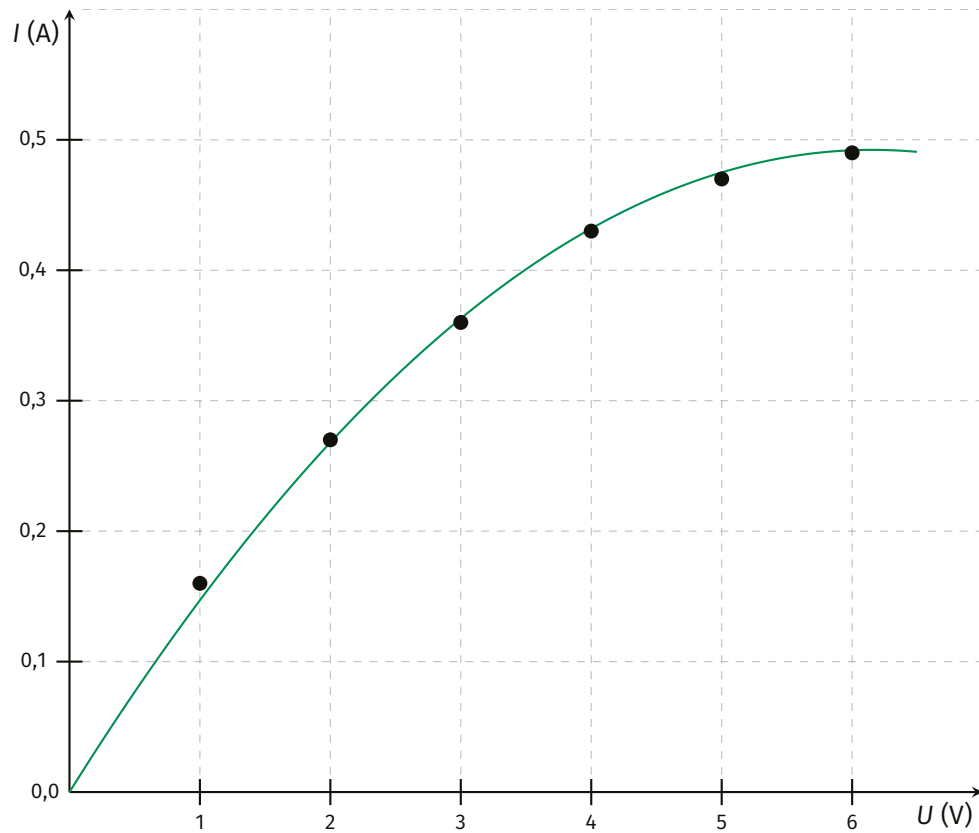
GROOTHEID	SYMBOOL GROOTHEID	EENHEID	SYMBOOL EENHEID	FORMULE
spanning	U	volt	V	$U = \frac{\Delta E}{Q}$
stroomsterkte	I	ampère	A	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
weerstand	R	ohm	Ω	$R = \frac{U}{I}$
geleidbaarheid	G	siemens	S	$G = \frac{I}{U}$
vermogen	P	watt	W	$P = R \cdot I^2$

12 Twee plastic balletjes hangen aan een nyloodraad. Ze stoten elkaar af. Wat kan je daaruit besluiten? Duid het juiste antwoord aan.



- ☐ a De balletjes zijn elektrisch neutraal.
 - ☐ b De ene bal is positief geladen, de andere negatief.
 - ☐ c De ene bal is geladen, de andere is elektrisch neutraal.
 - ☐ d De balletjes hebben dezelfde lading.
- ☒ d De balletjes hebben dezelfde lading: gelijksoortige ladingen stoten elkaar af.

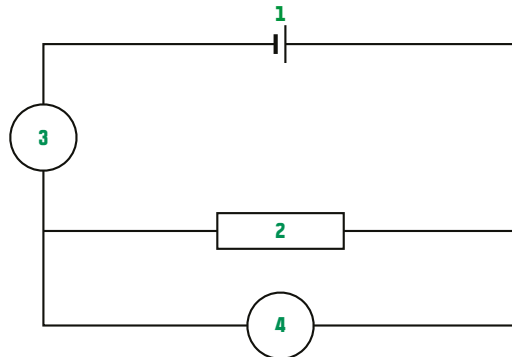
- 13 Lena en Wannes voeren een experiment uit waarbij ze de weerstand van een lampje onderzoeken. Ze maken onderstaande grafiek van de meetresultaten. Wat kunnen ze besluiten? Duid het juiste antwoord aan.



- ☐ a De weerstand van het lampje is constant.
 - ☐ b De weerstand van het lampje wordt groter als de spanning groter wordt.
 - ☐ c De weerstand van het lampje wordt kleiner als de spanning groter wordt.
- ☒ b De weerstand van het lampje wordt groter als de spanning groter wordt.

14 Mieke maakt een elektrische schakeling met:

- een spanningsbron
- een weerstand
- een ampèremeter
- een voltmeter



1 Op welke plaats staat de ampèremeter? Duid het juiste antwoord aan.

- a 1
- b 2
- c 3**
- d 4

2 Op welke plaats staat de weerstand? Duid het juiste antwoord aan.

- a 1
- b 2**
- c 3
- d 4

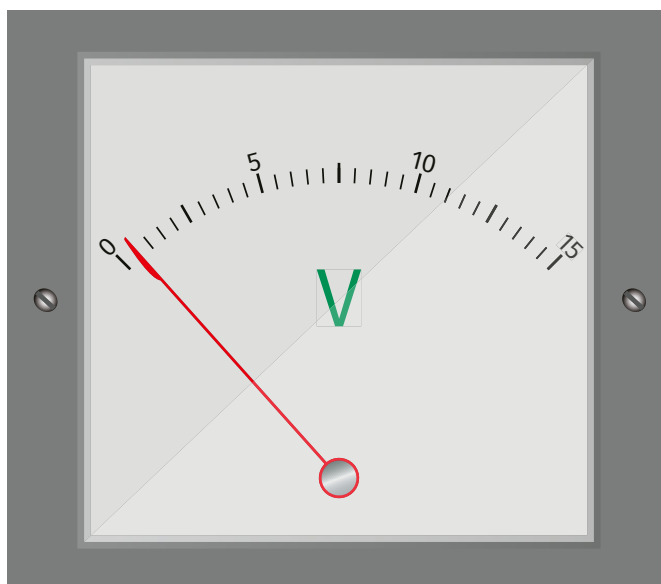
3 Op welke plaats staat de voltmeter? Duid het juiste antwoord aan.

- a 1
- b 2
- c 3
- d 4**

4 Op welke plaats staat de spanningsbron? Duid het juiste antwoord aan.

- a 1**
- b 2
- c 3
- d 4

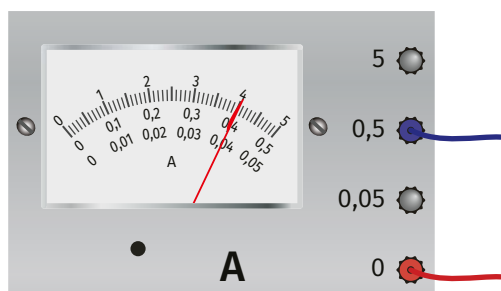
15



Duid het juiste antwoord aan. Op deze voltmeter lezen we onderstaande spanning af:

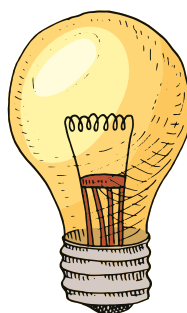
- a 0,10 V
- b 0,50 V**
- c 1,0 V
- d 0,25 V
- e 0,20 V

16 Welke waarde van de stroomsterkte lees je af op onderstaande ampèremeter? Duid het juiste antwoord aan.



- a 0,04 A
- b 4 A
- c 0,4 A**

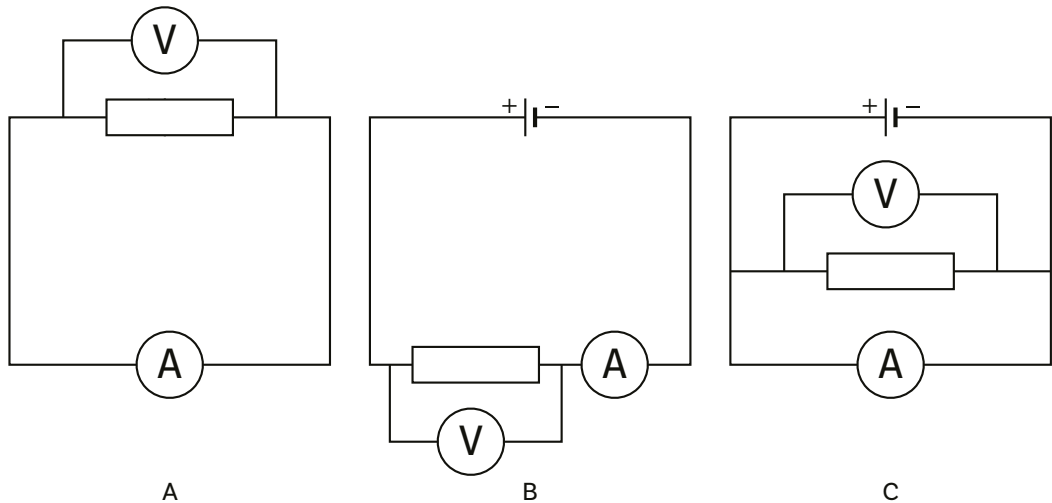
17



Als een lamp brandt, gloeit de gloeidraad. Welke deeltjes verplaatsen zich door de gloeidraad als de lamp brandt? Duid het juiste antwoord aan.

- a protonen
- b elektronen**
- c neutronen

18



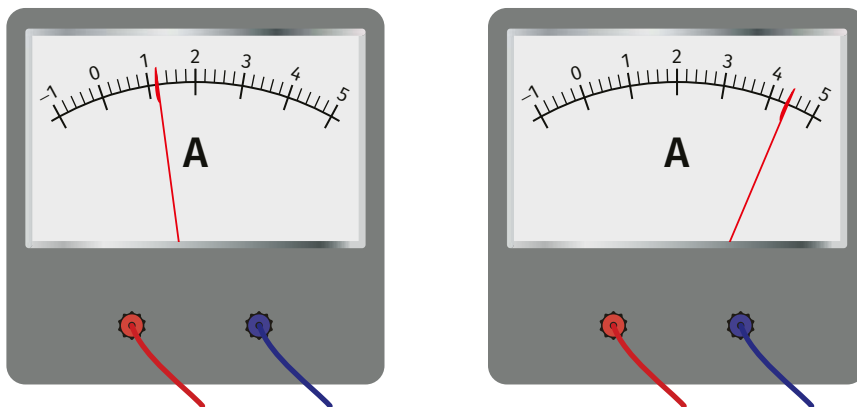
Met welke opstelling kan Nassim onderzoeken welke stroomsterkte door een weerstand gaat in functie van de spanning over de weerstand? Duid het juiste antwoord aan.

- a** opstelling A
- b** opstelling B
- c** opstelling C

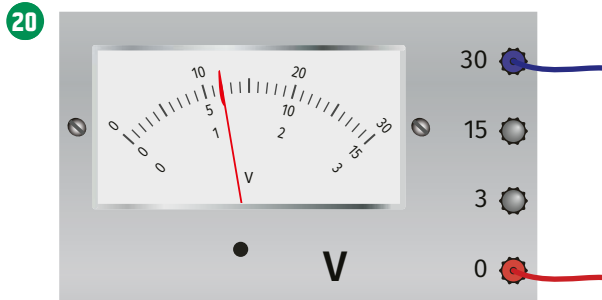
b opstelling B: om te onderzoeken welke stroomsterkte door een weerstand gaat in functie van de spanning over de weerstand moet er een spanningsbron in de schakeling aanwezig zijn. De voltmeter wordt in parallel geschakeld met de weerstand en de ampèremeter wordt in serie geschakeld met de weerstand.

19

Er worden twee metingen gedaan met een ampèremeter. De ampèremeter geeft voor de twee metingen onderstaande waarden aan. Welke stroomsterkte lezen we af bij meting 1 en bij meting 2? Duid het juiste antwoord aan.



- a** meting 1 = 1,1 A en meting 2 = 4,2 A
- b** meting 1 = 1,15 A en meting 2 = 4,4 A
- c** meting 1 = 1,2 A en meting 2 = 4,4 A
- d** meting 1 = 1,2 A en meting 2 = 4,2 A



Welke spanning lezen we hier af? Duid het juiste antwoord aan.

- a 6 V
- b 1,2 V
- c 12 V**

- 21 Op de voet van een waterkoker staat volgend label:

Op het label staan er twee vermogens genoteerd. Hoe komt dat? Duid het juiste antwoord aan.

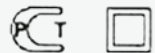
TYPE AJ3

220-240V 50/60Hz
1850 - 2200W
CAPACITY 1,5 LITERS

Made in France
N°Q/96 252

4784959C F15116 423

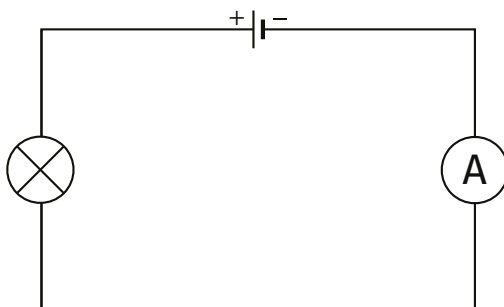
Mx



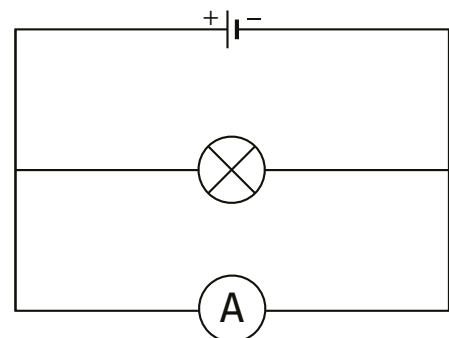
- a Het vermogen is afhankelijk van de hoeveelheid water in de waterkoker.
- b Het vermogen is afhankelijk van de netspanning.
- c Het vermogen is afhankelijk van de waarde van de veranderlijke weerstand van het toestel op dat moment.**

b Het vermogen is afhankelijk van de netspanning.

- 22 In welk van onderstaande schema's is de ampèremeter juist geschakeld? Duid het juiste antwoord aan.



A



B

- a in schema A
- b in schema B
- c in beide schema's**

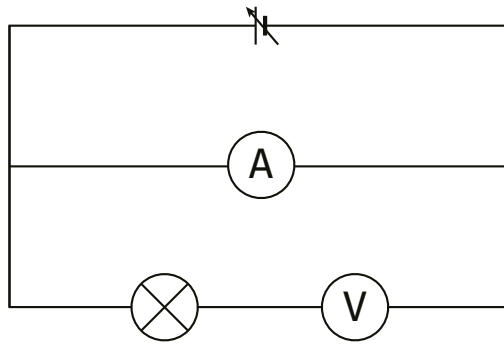
a in schema A: de ampèremeter wordt in serie geschakeld.

- 23 Hoe kan je de weerstand berekenen uit een eigen gemeten spanning en stroomsterkte? Duid het juiste antwoord aan.

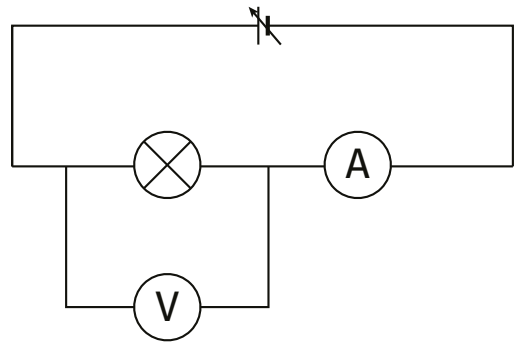
- a door de gemeten stroomsterkte te delen door de gemeten spanning.
- b door de gemeten spanning te delen door de gemeten stroomsterkte.
- c door de gemeten spanning te vermenigvuldigen met de gemeten stroomsterkte.**

b Je kan de weerstand berekenen door de gemeten spanning te delen door de gemeten stroomsterkte.

- 24 Sofie en Henk onderzoeken de wet van Ohm bij een lampje. Ze maken elk een opstelling. Wie heeft de correcte opstelling gemaakt? Duid het juiste antwoord aan.



Sofie

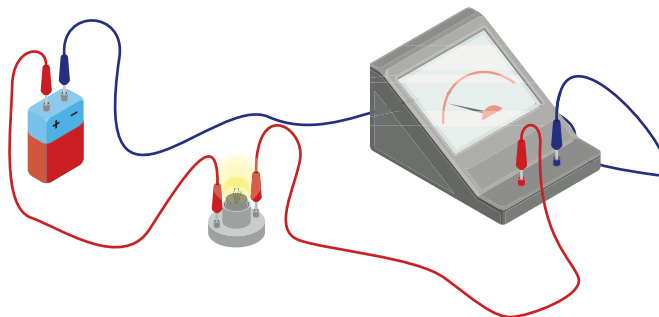


Henk

- a Henk
- b Sofie
- c beiden

- a Henk heeft de correcte opstelling gemaakt. De ampèremeter is in serie geschakeld met het lampje en de voltmeter is in parallel geschakeld.

25

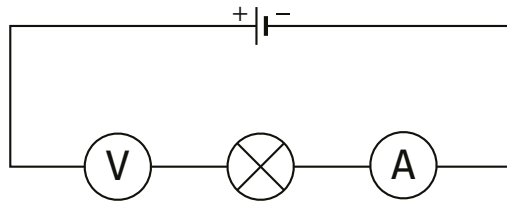


Sambid maakt deze correcte opstelling. Wat meet hij? Duid het juiste antwoord aan.

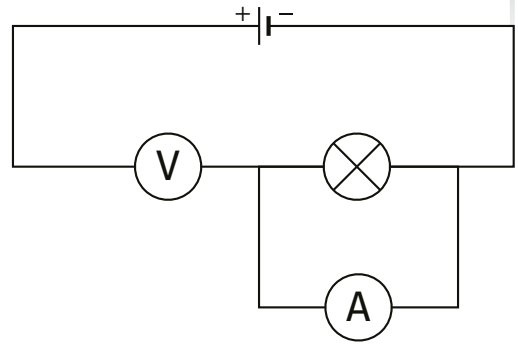
- a de stroom door het lampje
- b de spanning over het lampje
- c zowel de spanning over het lampje als de stroom door het lampje

- a Sambid meet de stroom door het lampje. Het meettoestel is in serie geschakeld met het lampje, zo meet je de stroom. Als Sambid de spanning over het lampje wil meten, dan moet hij het meettoestel in parallel schakelen met het lampje.

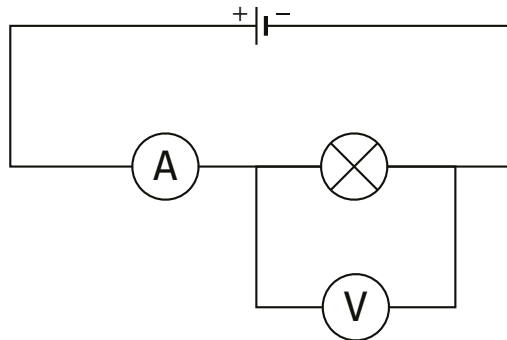
26



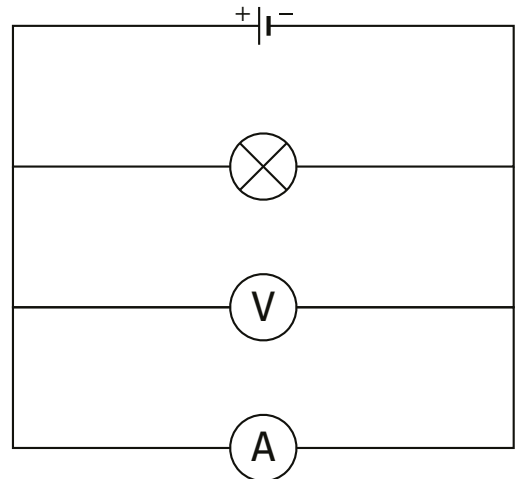
A



B



C



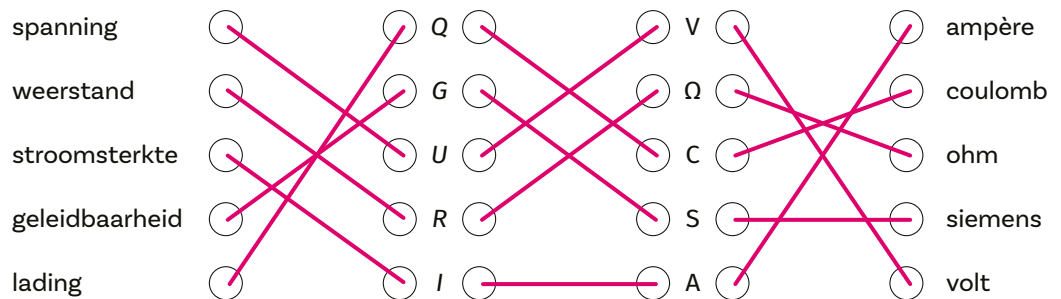
D

Welke schakeling kan je gebruiken voor het bepalen van de weerstand van het lampje? Duid het juiste antwoord aan.

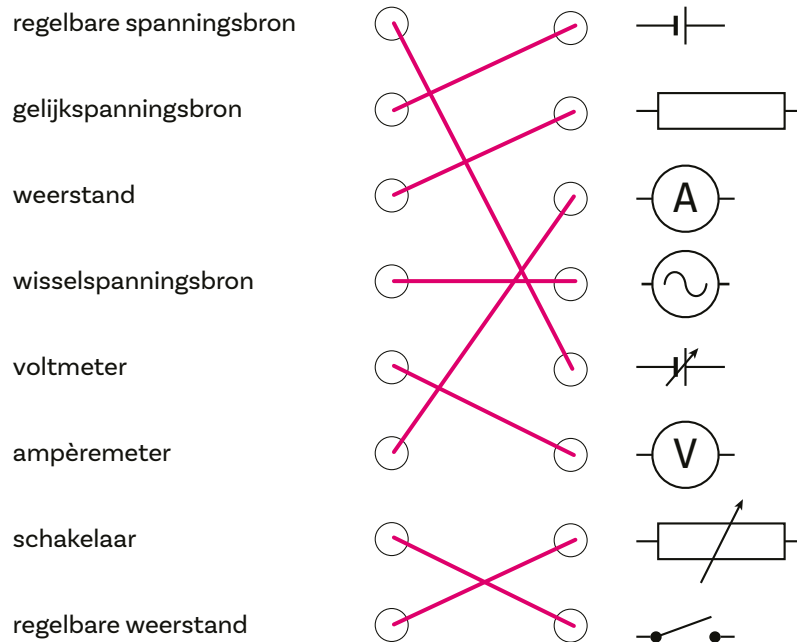
- ☒ a schakeling A
- ☐ b schakeling B
- ☒ c schakeling C
- ☐ d schakeling D

c Schakeling C is de correcte opstelling om de weerstand van het lampje te bepalen.

27 Verbind.



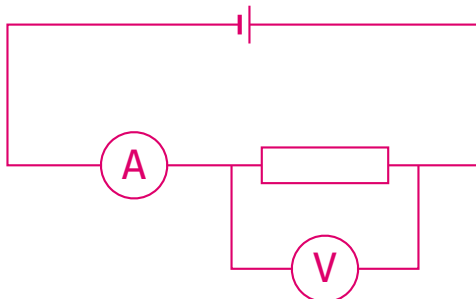
28 Verbind.



29 Schrap wat niet past.

- a Een geleider heeft een grote/~~kleine~~ geleidbaarheid en een grote/~~kleine~~ weerstand.
- b Een isolator heeft een grote/~~kleine~~ geleidbaarheid en een grote/~~kleine~~ weerstand.

30 Teken de opstelling die je gebruikt voor het onderzoek van de wet van Ohm.



31 Een verbindingsdraad bestaat uit een koperen draad met kunststof eromheen. Schrap wat niet past.

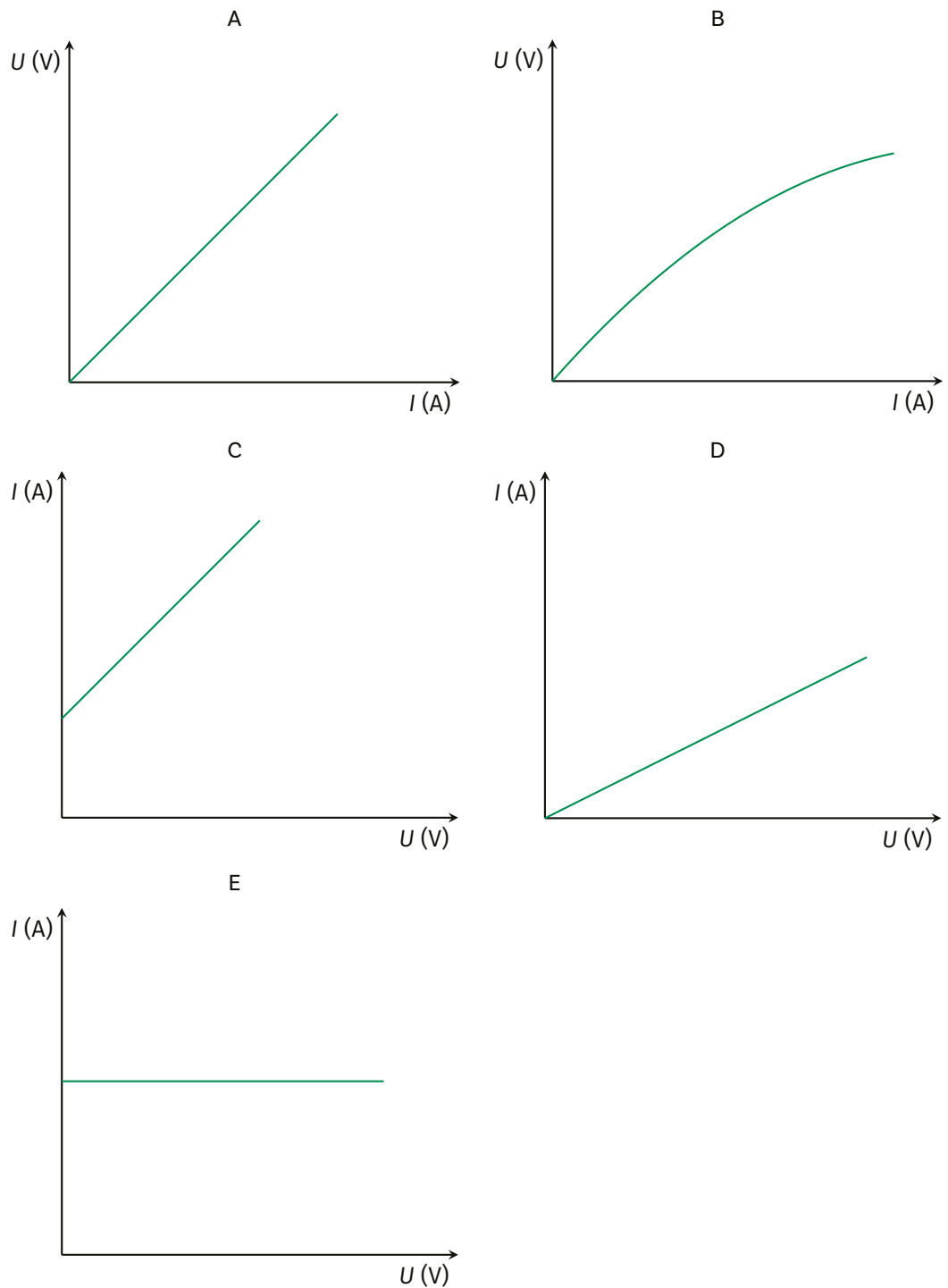
- a De weerstand van het koper is ~~groot~~ / klein.
- b De geleidbaarheid van het koper is groot / ~~klein~~.
- c De weerstand van de kunststof is groot / ~~klein~~.
- d De geleidbaarheid van de kunststof is ~~groot~~ / klein.

32 Je vervangt een lamp van 40 W door een nieuwe van 100 W. Als je de schakelaar aanzet, is de lamp aangesloten op 230 V. Wat merk je? Leg uit.

Als het vermogen stijgt terwijl de spanning constant blijft, dan zal ook de stroomsterkte door de lamp stijgen. De lamp van 100 W zal dus feller schijnen dan de lamp van 40 W.

- 33 Een experiment waarbij I en U gemeten worden voor verschillende geleiders geeft onderstaande resultaten.

Welke geleiders voldoen aan de wet van Ohm? Leg uit.



Als voor een geleider de wet van Ohm geldt, dan zijn stroomsterkte en spanning recht evenredig. Dit is het geval voor geleider A en D.

Toepassen



- 1 Vul de tabel aan.

R	I	U
$R = \frac{U}{I} = \frac{20 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 2,0 \Omega$	10 A	20 V
$R = \frac{U}{I} = \frac{15 \text{ V}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 3 \text{ k}\Omega$	5 mA	15 V
20 Ω	10 A	$U = R \cdot I = 20 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 20 \cdot 10 \text{ V}$
5 k Ω	$I = \frac{U}{R} = \frac{120 \text{ V}}{5 \cdot 10^3 \Omega} = 24 \text{ mA} = 2 \cdot 10 \text{ mA}$	120 V
2 k Ω	50 μA	$U = R \cdot I = 2 \text{ k}\Omega \cdot 50 \mu\text{A} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ V}$
3,3 k Ω	$I = \frac{U}{R} = \frac{25 \text{ V}}{3,3 \cdot 10^3 \Omega} = 7,6 \text{ mA}$	25 V

- 2 Een weerstand van 4,0 Ω staat in een stroomkring. Over de weerstand staat een spanning van 10 V. Bepaal de stroomsterkte door de weerstand.

Gegeven: $R = 4,0 \Omega$

$U = 10 \text{ V}$

Gevraagd: I

$$\begin{aligned}
 \text{Oplossing: } U &= R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} \\
 &= \frac{10 \text{ V}}{4,0 \Omega} \\
 &= 2,5 \text{ A}
 \end{aligned}$$

- 3 Bepaal de geleidbaarheid van een voorwerp met een ohmse weerstand van 36 k Ω .

Gegeven: $R = 36 \text{ k}\Omega$

Gevraagd: G

$$\begin{aligned}
 \text{Oplossing: } G &= \frac{1}{R} \\
 &= \frac{1}{36 \cdot 10^3 \Omega} \\
 &= 0,28 \cdot 10^{-4} \text{ S}
 \end{aligned}$$

- 4 Bepaal de geleidbaarheid van een isolator met een weerstand van 250 M Ω .

Gegeven: $R = 250 \text{ M}\Omega$

Gevraagd: G

$$\begin{aligned}
 \text{Oplossing: } G &= \frac{1}{R} \\
 &= \frac{1}{250 \cdot 10^6 \Omega} \\
 &= 0,400 \cdot 10^{-8} \text{ S}
 \end{aligned}$$

- 5 Door een ohmse weerstand gaat een stroom van 36,0 mA terwijl er een spanning van 10,0 V over staat. Bepaal de grootte van de weerstand.

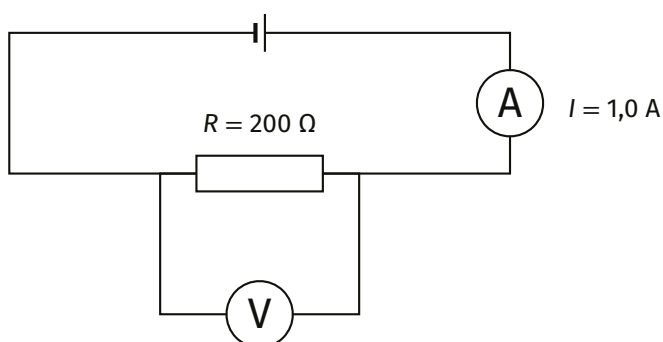
Gegeven: $I = 36,0 \text{ mA}$

$$U = 10,0 \text{ V}$$

Gevraagd: R

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } R &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{10,0 \text{ V}}{36,0 \cdot 10^{-3} \text{ A}} \\ &= 278 \, \Omega \end{aligned}$$

- 6 Gegeven: onderstaande schakeling.



Welke spanning lezen we af op de voltmeter? Bereken.

Gegeven: $I = 1,0 \text{ A}$

$$R = 200 \, \Omega$$

Gevraagd: U

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } U &= R \cdot I \\ &= 200 \, \Omega \cdot 1,0 \text{ A} \\ &= 20 \cdot 10 \text{ V} \end{aligned}$$

- 7 Door een weerstand van 20 Ω gaat een stroom van 1,5 A. Bereken de spanning.

Gegeven: $I = 1,5 \text{ A}$

$$R = 20 \, \Omega$$

Gevraagd: U

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } U &= R \cdot I \\ &= 20 \, \Omega \cdot 1,5 \text{ A} \\ &= 30 \text{ V} \end{aligned}$$

- 8 Een lampje met weerstand $20\ \Omega$ wordt aangesloten op een spanning van 24 V . Bereken de stroomsterkte.

Gegeven: $U = 24\text{ V}$

$$R = 20\ \Omega$$

Gevraagd: I

$$\begin{aligned}\text{Oplossing: } U &= R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} \\ &= \frac{24\text{ V}}{20\ \Omega} \\ &= 1,2\text{ A}\end{aligned}$$

- 9 Bereken de weerstand van een luidspreker als je weet dat als deze aangesloten is op 10 V er een stroom van $1,33\text{ A}$ doorgaat.

Gegeven: $U = 10\text{ V}$

$$I = 1,33\text{ A}$$

Gevraagd: R

$$\begin{aligned}\text{Oplossing: } R &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{10\text{ V}}{1,33\text{ A}} \\ &= 7,5\ \Omega\end{aligned}$$

- 10 Een verwarmingselement heeft een vermogen van 1600 watt bij een spanning van 230 volt .

a Welke stroomsterkte gaat er door het verwarmingselement? Bereken.

b Hoeveel warmte kan het verwarmingselement ontwikkelen per uur? Bereken.

Gegeven: $P = 1600\text{ W}$

$$U = 230\text{ V}$$

$$\Delta t = 3600\text{ s}$$

Gevraagd: **a** I

b Q

$$\begin{aligned}\text{Oplossing: } \mathbf{a} \quad P &= U \cdot I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U} \\ &= \frac{1600\text{ W}}{230\text{ V}} \\ &= 6,96\text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{b} \quad Q &= P \cdot \Delta t \\ &= 1600\text{ W} \cdot 3600\text{ s} \\ &= 5,76\text{ MJ}\end{aligned}$$

- 11** Een weerstand heeft een vermogen van 50,0 W en is aangesloten op een spanning van 10,0 V.

- a** Bepaal de grootte van de weerstand.
b Welke hoeveelheid warmte komt vrij als deze weerstand 48 min aangesloten blijft? Bereken.

Gegeven: $P = 50,0 \text{ W}$

$$U = 10,0 \text{ V}$$

$$\Delta t = 48 \text{ min}$$

Gevraagd: **a** R

b Q

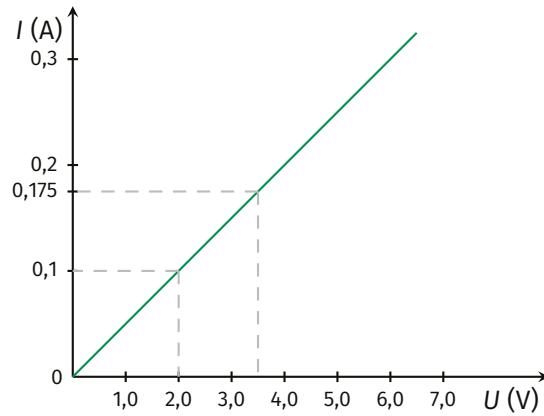
$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } \mathbf{a} \quad P &= \frac{U^2}{R} \iff R = \frac{U^2}{P} \\ &= \frac{(10,0 \text{ V})^2}{50,0 \text{ W}} \\ &= 2,00 \, \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b} \quad Q &= P \cdot \Delta t \\ &= 50,0 \text{ W} \cdot 48 \text{ min} \\ &= 50,0 \text{ W} \cdot 48 \cdot 60 \text{ s} \\ &= 144 \text{ kJ} = 14 \cdot 10 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- 12** Vul aan.

R	G
20 Ω	$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{20 \, \Omega} = 50 \text{ mS}$
$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{67 \text{ kS}} = 15 \, \mu\Omega$	67 kS
3,3 k Ω	$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{3,3 \text{ k}\Omega} = 0,30 \text{ mS}$
9 k Ω	$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{9 \text{ k}\Omega} = 0,1 \text{ mS}$
$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0,25 \text{ S}} = 4,0 \, \Omega$	0,25 S

13



Gegeven: bovenstaande grafiek.

- a** Bepaal de weerstand bij 3,5 V.
- b** Bepaal de weerstand bij 2,0 V.
- c** Wat valt je op? Leg uit.

Gegeven: $I(U)$ -grafiek

Gevraagd: **a** R (bij 3,5 V)

b R (bij 2,0 V)

c Wat valt op?

Oplossing: **a** $R = \frac{U}{I}$

$$= \frac{3,5 \text{ V}}{0,175 \text{ A}}$$

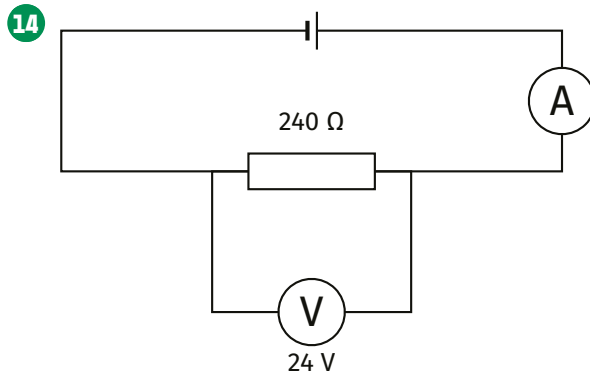
$$= 20 \, \Omega$$

b $R = \frac{U}{I}$

$$= \frac{2,0 \text{ V}}{0,10 \text{ A}}$$

$$= 20 \, \Omega$$

- c** De weerstand bij 3,5 V en 2,0 V is dezelfde. Dit is te verwachten voor een ohmse weerstand: spanning en stroomsterkte zijn dan namelijk recht evenredig, de weerstand is dus constant.



Wat lees je af op de ampèremeter? Bereken.

Gegeven: $U = 24\ \text{V}$

$R = 240\ \Omega$

Gevraagd: I

Oplossing: $R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

$$= \frac{24\ \text{V}}{240\ \Omega}$$

$$= 0,10\ \text{A}$$

15 Een mixer van $800\ \text{W}$ wordt $10\ \text{min}$ gebruikt. Bereken het verbruik in joule.

Gegeven: $P = 800\ \text{W}$

$\Delta t = 10\ \text{min} = 60 \cdot 10\ \text{s}$

Gevraagd: ΔE

Oplossing: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta E = P \cdot \Delta t$

$$= 800\ \text{W} \cdot 60 \cdot 10\ \text{s}$$

$$= 48 \cdot 10^4\ \text{J}$$

16 Op een waterkoker staat 850 W, 220 V.

- a** Hoeveel warmte kan deze ontwikkelen per seconde als je ervan uitgaat dat er geen warmte aan de omgeving wordt afgestaan? Bereken.
- b** Welke stroomsterkte gaat door de weerstand van de waterkoker als deze correct aangesloten wordt? Bereken.
- c** Bepaal de weerstand van de waterkoker.

Gegeven: $P = 850 \text{ W}$

$$U = 220 \text{ V}$$

Gevraagd: **a** Q (per seconde)

b I

c R

Oplossing: **a** $Q = P \cdot \Delta t$

$$= 850 \text{ W} \cdot 1,0 \text{ s}$$

$$= 85 \cdot 10 \text{ J}$$

$$\text{b } P = U \cdot I \iff I = \frac{P}{U}$$

$$= \frac{850 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$= 3,86 \text{ A}$$

$$\text{c } R = \frac{U}{I}$$

$$= \frac{220 \text{ V}}{3,86 \text{ A}}$$

$$= 57,0 \text{ } \Omega$$

17 Een lampje met weerstand $2,0 \, \Omega$ wordt aangesloten op $6,0 \, \text{V}$.

- a** Bereken het vermogen van het lampje.
- b** Welke stroomsterkte gaat door het lampje? Bereken met behulp van de wet van Ohm.
- c** Er zijn nog twee manieren (formules) waarop je het vermogen van het lampje kan berekenen. Controleer of deze hetzelfde resultaat geven.

Gegeven: $R = 2,0 \, \Omega$

$U = 6,0 \, \text{V}$

Gevraagd: **a** P

b I

c P (met twee andere formules)

Oplossing: **a** $P = \frac{U^2}{R}$

$$= \frac{(6,0 \, \text{V})^2}{2,0 \, \Omega}$$

$$= 18 \, \text{W}$$

b $R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

$$= \frac{6,0 \, \text{V}}{2,0 \, \Omega}$$

$$= 3,0 \, \text{A}$$

c $P = U \cdot I$	$P = R \cdot I^2$
$= 6,0 \, \text{V} \cdot 3,0 \, \text{A}$	$= 2,0 \, \Omega \cdot (3,0 \, \text{A})^2$
$= 18 \, \text{W}$	$= 18 \, \text{W}$

18 Een droogkast droogt de was gedurende $3,0$ uur. Het vermogen van de droogkast bedraagt 2000 watt. Hoeveel kWh heeft de droogkast verbruikt? Bereken.

Gegeven: $\Delta t = 3,0 \, \text{h}$

$P = 2000 \, \text{W}$

Gevraagd: ΔE

Oplossing: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta E = P \cdot \Delta t$

$$= 2000 \, \text{W} \cdot 3,0 \, \text{h}$$

$$= 2,000 \, \text{kW} \cdot 3,0 \, \text{h}$$

$$= 6,0 \, \text{kWh}$$

- 19 Tijdens een ongeluk krijgt een man 220 V door zijn lichaam. Welke stroomsterkte ging hierbij door het lichaam van de man als zijn weerstand 10 kΩ bedroeg? Bereken en duid het juiste antwoord aan.

- a 22 mA
- b 22 A
- c 45 A
- d 45 mA

Gegeven: $U = 220 \text{ V}$
 $R = 10 \text{ k}\Omega$

Gevraagd: I

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } R &= \frac{U}{I} \iff I = \frac{U}{R} \\ &= \frac{220 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} \\ &= 22 \text{ mA} \end{aligned}$$

Antwoord **a** is het juiste antwoord.

- 20 Louise en Milan onderzoeken tijdens een experiment de grootte van een onbekende weerstand. Ze gebruiken daarbij een ampèremeter en een voltmeter. Met een regelbare spanningsbron kunnen ze de spanning veranderen van 0 V tot 12 V. Ze noteren telkens de bijhorende stroomsterkte. De eerste meting die ze in hun tabel zetten is deze:

$U \text{ (V)}$	$I \text{ (mA)}$
2,0	200

Hoe groot is volgens deze meting de weerstand? Bereken.

Gegeven: $U = 2,0 \text{ V}$
 $I = 200 \text{ mA}$

Gevraagd: R

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } R &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{2,0 \text{ V}}{200 \text{ mA}} \\ &= 10 \Omega \end{aligned}$$

- 21 Een lampje brandt. Er gaat een stroom van 0,15 A door het lampje en het lampje is aangesloten op 6,0 V. Bereken de weerstand van het lampje.

Gegeven: $U = 6,0 \text{ V}$

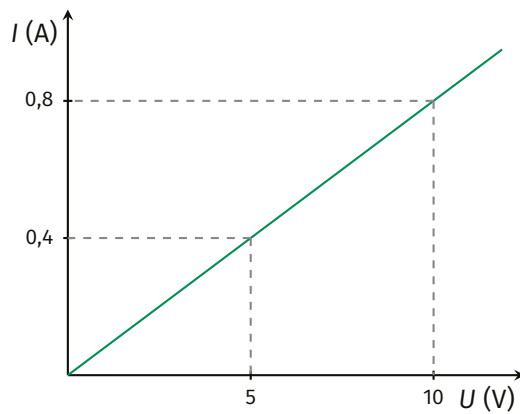
$$I = 0,15 \text{ A}$$

Gevraagd: R

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } R &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{6,0 \text{ V}}{0,15 \text{ A}} \\ &= 40 \, \Omega \end{aligned}$$



- 22 Gegeven: onderstaande grafiek.



Bepaal de grootte van de weerstand.

Gegeven: $I_1 = 0,40 \text{ A}$

$$I_2 = 0,80 \text{ A}$$

$$U_1 = 5,0 \text{ V}$$

$$U_2 = 10 \text{ V}$$

Gevraagd: R

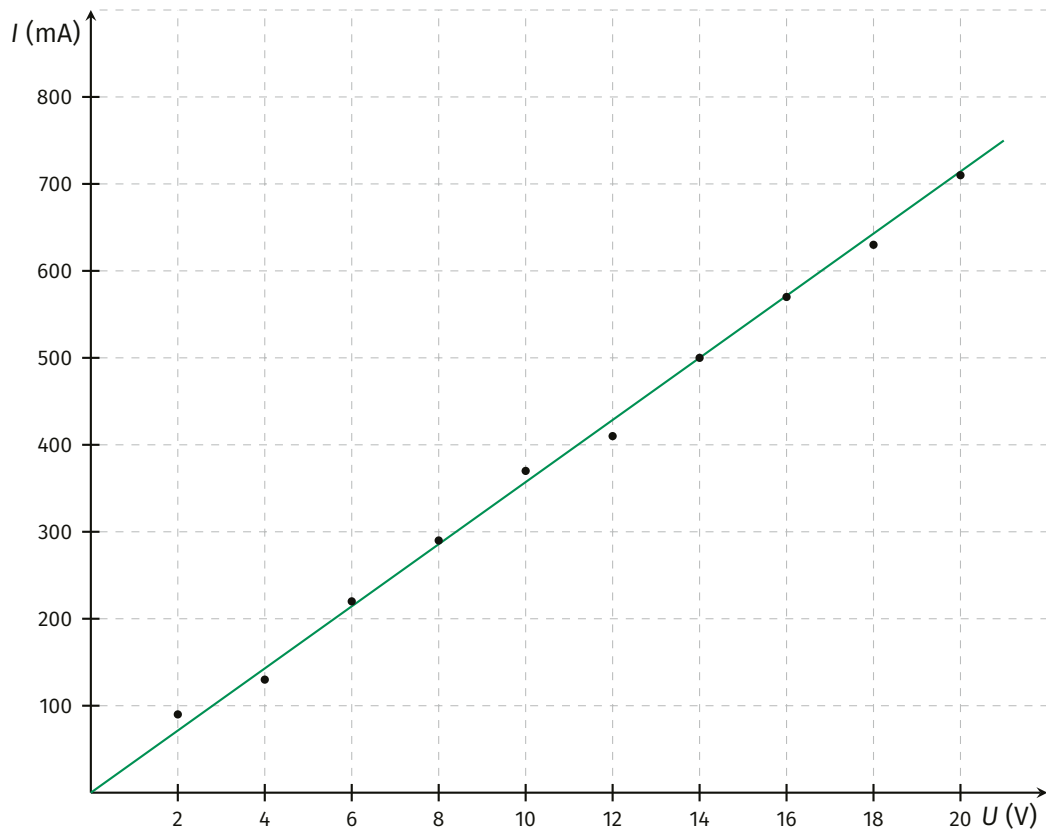
$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } R &= \frac{U_1}{I_1} \\ &= \frac{5,0 \text{ V}}{0,40 \text{ A}} \\ &= 12,5 \, \Omega = 13 \, \Omega \end{aligned}$$

We kunnen dit nog controleren door R te berekenen met behulp van I_2 en U_2 :

$$\begin{aligned} R &= \frac{U_2}{I_2} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{0,80 \text{ A}} \\ &= 12,5 \, \Omega = 13 \, \Omega \end{aligned}$$

Dit klopt!

- 23 Farid voert het practicum 'de wet van Ohm' uit. Hij meet hiervoor bij verschillende spanningen de stroomsterkte die door een ohmse weerstand gaat en noteert zijn meetresultaten in een grafiek.



Vervolgens bepaalt hij de weerstand met behulp van de grafiek. Noteer hoe hij dit kan berekenen en maak zelf ook de berekening.

Gegeven: $I(U)$ -grafiek

Gevraagd: R

Oplossing: Farid kan de weerstand berekenen door eerst de beste rechte door de datapunten te tekenen en vervolgens de richtingscoëfficiënt van deze rechte te bepalen. We vinden in dit geval:

$$\begin{aligned}\frac{I}{U} &= \frac{500 \text{ mA}}{14 \text{ V}} \\ &= 36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}}\end{aligned}$$

Merk op dat deze richtingscoëfficiënt het omgekeerde van de weerstand is, dus:

$$\begin{aligned}R &= \frac{1}{36 \cdot 10^{-3}} \Omega \\ &= 28 \Omega\end{aligned}$$

- 24** Een enorme hoeveelheid energie komt vrij bij een blikseminslag, om meer precies te zijn, komt er 320 MJ aan energie vrij onder de vorm van licht, warmte en geluid. De blikseminslag duurt 4,5 ms en tijdens de inslag verplaatst 640 coulomb aan lading zich tussen wolk en aardoppervlak.

Bereken de gemiddelde spanning tussen de wolk en de aarde.

Gegeven: $\Delta E = 320 \text{ MJ}$

$$\Delta t = 4,5 \text{ ms}$$

$$Q = 640 \text{ C}$$

Gevraagd: U

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } U &= \frac{\Delta E}{Q} \\ &= \frac{320 \text{ MJ}}{640 \text{ C}} \\ &= 500 \cdot 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

- 25** Het is heel warm. David zet een ventilator in zijn kamer met een weerstand van 120 Ω .

- a** Bereken het vermogen van de ventilator als er een stroom van 0,500 A door de ventilator gaat.
b Hoeveel warmte moet de ventilator per uur aan zijn omgeving afstaan opdat de temperatuur van de motor niet zou toenemen? Bereken.

Gegeven: $R = 120 \Omega$

$$I = 0,500 \text{ A}$$

$$\Delta t = 1,0 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

Gevraagd: **a** P

b Q

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } \mathbf{a} \quad P &= R \cdot I^2 \\ &= 120 \Omega \cdot (0,500 \text{ A})^2 \\ &= 30,0 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b} \quad Q &= R \cdot I^2 \cdot \Delta t \\ &= P \cdot \Delta t \\ &= 30,0 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} \\ &= 108 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- 26** Sonja en Caroline zijn druk bezig in de keuken. Ze maken tegelijkertijd gebruik van volgende toestellen: een frietketel van 1000 W, een broodrooster van 600 W en een oven van 1800 W. Bereken hoeveel warmte deze toestellen samen produceren op 15 min.

Gegeven: $P_1 = 1000 \text{ W}$

$$P_2 = 600 \text{ W}$$

$$P_3 = 1800 \text{ W}$$

$$\Delta t = 15 \text{ min}$$

Gevraagd: Q

Oplossing: $Q = P \cdot \Delta t$

$$= (1000 \text{ W} + 600 \text{ W} + 1800 \text{ W}) \cdot 15 \cdot 60 \text{ s}$$

$$= 3400 \text{ W} \cdot 15 \cdot 60 \text{ s}$$

$$= 3,06 \text{ MJ} = 3,1 \text{ MJ}$$

- 27** Volgende toestellen worden aangesloten op 230 V:

- een broodrooster met weerstand 40Ω
- een gloeilamp met weerstand 300Ω
- een frietketel met weerstand 31Ω

a Bereken de stroomsterkte die door de toestellen gaat.

b Bereken het vermogen van deze toestellen.

c Hoeveel warmte ontwikkelen de toestellen per uur? Bereken.

Gegeven: $U = 230 \text{ V}$

$$R_1 = 40 \Omega$$

$$R_2 = 300 \Omega$$

$$R_3 = 31 \Omega$$

$$\Delta t = 1,0 \text{ h} = 36 \cdot 10^2 \text{ s}$$

Gevraagd: **a** I_1, I_2, I_3

b P_1, P_2, P_3

c Q_1, Q_2, Q_3

$$\begin{aligned} \text{Oplossing: } \mathbf{a} \quad I_1 &= \frac{U}{R_1} & I_2 &= \frac{U}{R_2} & I_3 &= \frac{U}{R_3} \\ &= \frac{230 \text{ V}}{40 \Omega} & &= \frac{230 \text{ V}}{300 \Omega} & &= \frac{230 \text{ V}}{31 \Omega} \\ &= 5,8 \text{ A} & &= 0,767 \text{ A} & &= 7,4 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{b} \quad P_1 &= U \cdot I_1 & P_2 &= U \cdot I_2 & P_3 &= U \cdot I_3 \\ &= 230 \text{ V} \cdot 5,8 \text{ A} & &= 230 \text{ V} \cdot 0,767 \text{ A} & &= 230 \text{ V} \cdot 7,4 \text{ A} \\ &= 13 \cdot 10^2 \text{ W} & &= 176 \text{ W} & &= 17 \cdot 10^2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c} \quad Q_1 &= P_1 \cdot \Delta t & Q_2 &= P_2 \cdot \Delta t \\
 &= 13 \text{ W} \cdot 36 \cdot 10^4 \text{ s} & &= 176 \text{ W} \cdot 36 \cdot 10^2 \text{ s} \\
 &= 4,7 \text{ MJ} & &= 63 \cdot 10^4 \text{ J} \\
 \\
 Q_3 &= P_3 \cdot \Delta t \\
 &= 17 \text{ W} \cdot 36 \cdot 10^4 \text{ s} \\
 &= 6,1 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

- 28** Een strijkijzer heeft een vermogen van 1000 W, maar een rendement van slechts 85 %. Wat is het nuttig vermogen van het strijkijzer? Bereken.

Gegeven: $P = 1000 \text{ W}$
 $\eta = 85 \%$

Gevraagd: P_{nuttig}

Oplossing: $P_{\text{nuttig}} = \eta \cdot P$
 $= 0,85 \cdot 1000 \text{ W}$
 $= 850 \text{ W}$

- 29** Er bestaat een vis, de sidderaai, met een bijzonder orgaan dat elektrische spanning kan opwekken. De sidderaai kan met dit orgaan prooidieren verlammen. Uit metingen is gebleken dat de sidderaai gedurende korte tijd een stroomsterkte van 2,0 A kan leveren bij een spanning van 600 V. Bereken het maximale vermogen dat de sidderaai kan leveren.

Gegeven: $I = 2,0 \text{ A}$
 $U = 600 \text{ V}$

Gevraagd: P_{max}

Oplossing: $P_{\text{max}} = U \cdot I$
 $= 600 \text{ V} \cdot 2,0 \text{ A}$
 $= 1,2 \cdot 10^3 \text{ W}$



30 Joke maakt soep in een koperen ketel ($c_{\text{koper}} = 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$) met massa 300 g. De ketel bevat 2,0 l water bij $15,0^\circ\text{C}$ ($c_{\text{w}} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$). De ketel staat op een elektrisch vuur met een vermogen van 800 W.

- a** Hoe lang duurt het totdat het water kookt in ideale omstandigheden? Bereken.
b Hoe lang duurt het totdat het water kookt als slechts 60 % van de ontwikkelde warmte aan de ketel en het water wordt toegevoegd? Bereken.

Gegeven: $c_{\text{koper}} = 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ $c_{\text{w}} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
 $m_{\text{k}} = 300 \text{ g}$ $m_{\text{w}} = 2,0 \text{ l} = 2,0 \text{ kg}$
 $\theta_1 = 15,0^\circ\text{C}$ $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$
 $P = 800 \text{ W}$

Gevraagd: **a** Δt
b Δt (bij $\eta = 60\%$)

Oplossing: **a** $Q = c_{\text{koper}} \cdot m_{\text{k}} \cdot \Delta\theta + c_{\text{w}} \cdot m_{\text{w}} \cdot \Delta\theta$
 $= 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,300 \text{ kg} \cdot 85^\circ\text{C} + 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2,0 \text{ kg} \cdot 85^\circ\text{C}$
 $= 9843 \text{ J} + 711620 \text{ J} = 721463 \text{ J} = 72 \cdot 10 \text{ kJ}$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \iff \Delta t = \frac{Q}{P}$$

$$= \frac{72 \cdot 10 \text{ kJ}}{800 \text{ W}}$$

$$= 90 \cdot 10 \text{ s} = 15 \text{ min}$$

b $Q = 0,60 \cdot Q_{\text{toe}} \iff Q_{\text{toe}} = \frac{Q}{0,60}$
 $= \frac{721463 \text{ J}}{0,60}$
 $= 1202438 \text{ J} = 1,2 \text{ MJ}$

$$P = \frac{Q_{\text{toe}}}{\Delta t} \iff \Delta t = \frac{Q_{\text{toe}}}{P}$$

$$= \frac{1,2 \text{ MJ}}{800 \text{ W}}$$

$$= 1503 \text{ s} = 25 \text{ min}$$

- 31** In een kamer branden 10 gloeilampen van 80 W. Hoeveel warmte leveren ze per uur als je weet dat slechts 10 % van de energie omgezet wordt in stralingsenergie (licht) en de rest in warmte? Bereken.

Gegeven: 10 gloeilampen

$$\eta = 10 \%$$

$$\Delta t = 1,0 \text{ h} = 36 \cdot 10^2 \text{ s}$$

$$P = 80 \text{ W}$$

Gevraagd: Q

Oplossing: $P_{\text{tot}} = 10 \cdot P$

$$= 800 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \iff \Delta E = P_{\text{tot}} \cdot \Delta t$$

$$= 800 \text{ W} \cdot 36 \cdot 10^2 \text{ s}$$

$$= 2,9 \text{ MJ}$$

$$Q = 0,90 \cdot \Delta E$$

$$= 0,90 \cdot 2,9 \text{ MJ}$$

$$= 2,6 \text{ MJ}$$

- 32** Een spiraal met weerstand $15,0 \Omega$ wordt gebruikt om water op te warmen. Men laat gedurende 10 min 3,00 A door de spiraal gaan. Gedurende die 10 minuten wordt de spiraal ondergedompeld in een perfect geïsoleerd vat gevuld met 300 g water.

Bereken hoeveel de temperatuur van het water stijgt.

Gegeven: $R = 15,0 \Omega$ $I = 3,00 \text{ A}$

$\Delta t = 10 \text{ min}$ $m_w = 300 \text{ g}$

$$c_w = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Gevraagd: $\Delta\theta$

Oplossing: $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$

$$= 15,0 \Omega \cdot (3,00 \text{ A})^2 \cdot 10 \cdot 60 \text{ s}$$

$$= 81 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$Q = c_w \cdot m_w \cdot \Delta\theta \iff \Delta\theta = \frac{Q}{c_w \cdot m_w}$$

$$= \frac{81 \cdot 10^3 \text{ J}}{4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,300 \text{ kg}}$$

$$= 64,5 ^\circ\text{C} = 65 ^\circ\text{C}$$

Aan de slag met 'Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab'

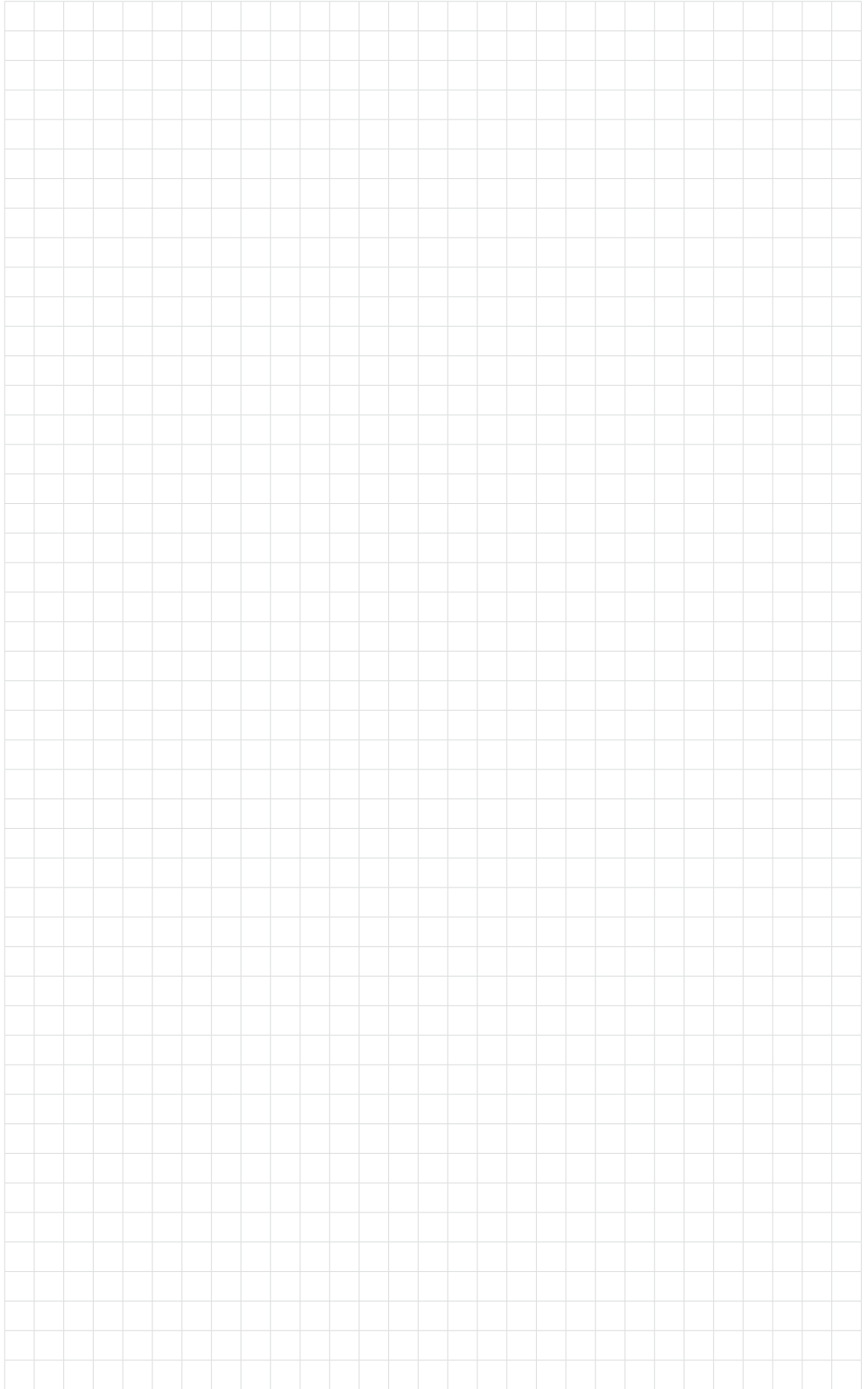


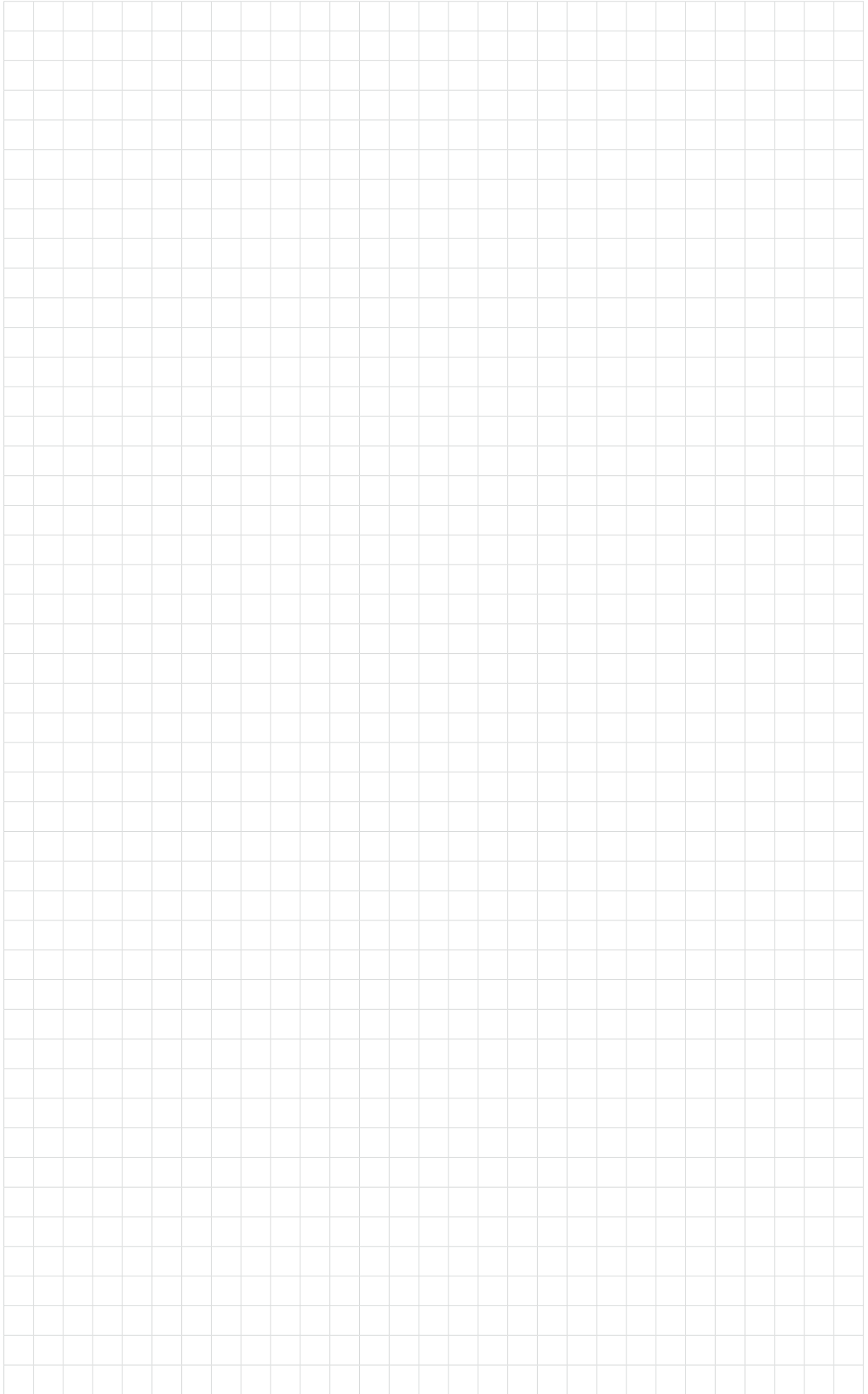
CC-BY PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, phet.colorado.edu



Onderzoek de wet van Ohm met behulp van de virtuele applet
'Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab'.







- Ik kan eenvoudige elektrische stroomkringen beschrijven.
- Ik ken de concepten lading, elektrische stroomsterkte, spanning, weerstand, geleidbaarheid, vermogen en de verbanden ertussen. Ik kan van elk van deze grootheden de naam en het symbool van de (SI-) eenheid geven.
- Ik ken het onderscheid tussen de conventionele en werkelijke stroomzin.
- Ik ken het onderscheid tussen een geleider en een isolator.
- Ik weet wat een spanningsbron is en ken het onderscheid tussen wisselspanning en gelijkspanning.
- Ik kan het verband tussen spanning en stroom voor een ohmse weerstand onderzoeken.
- Ik ken de wet van Ohm. Ik kan de formule geven en alle grootheden, die in deze formule voorkomen, verklaren.
- Ik ken de symbolen en de regels voor de schematische voorstellingen.
- Ik ken de formules voor de weerstand en de geleidbaarheid.
- Ik kan het vermogen van een elektrisch toestel bespreken.
- Ik kan het Joule-effect uitleggen.
- Ik kan de formules voor het Joule-effect en het vermogen geven en uitleggen.
- Ik kan enkele toepassingen van het Joule-effect bespreken.
- Ik kan de formule voor de stroomsterkte geven en uitleggen.
- Ik kan de wet van Ohm toepassen om eenvoudige vraagstukken op te lossen.

Colofon

Auteur Freya Vermeiren

Met medewerking van Anke Van Roy

Eerste druk 2022

SO 0462/2022

Bestelnummer 65 900 0654 (module 5 van 90 808 0461)

ISBN 978 90 4864 392 9 (module 5 van 978 90 4863 438 5)

KB D/2022/0147/126

NUR 126

Thema YPMP5

Verantwoordelijke uitgever die Keure,

Kleine Pathoekeweg 3,

8000 Brugge

RPR 0405 108 325 - © die Keure, Brugge



Die Keure wil het milieu beschermen. Daarom kiezen wij bewust voor papier dat het keurmerk van de Forest Stewardship Council® (FSC®) draagt. Dit product is gemaakt van materiaal afkomstig uit goed beheerde, FSC®-gecertificeerde bossen en andere gecontroleerde bronnen.