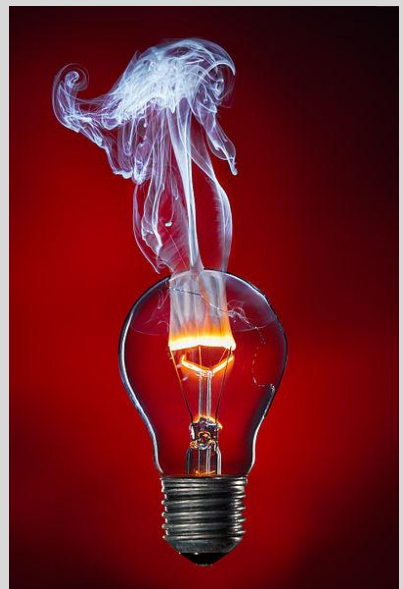


4.0 Elektriciteit 2

- 4.1 Deeltjes, krachten en beweging
- 4.2 Lading, spanning en stroom
- 4.3 Weerstand
- 4.4 Schakelingen
- 4.5 Vermogen en energie
- 4.6 Veiligheid



Elektriciteit, wat is dat eigenlijk?



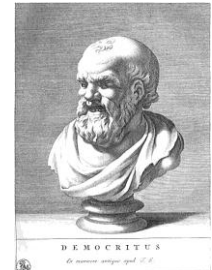
Elektriciteit (elektron = barnsteen, Gr.)

Bij practicum 4.1 proef 1 maak je kennis met het verschijnsel **statische elektriciteit** door experimenten met doeken en staven, papiersnippers, de elektroscop en wellicht de **van de Graaffgenerator**.

Deeltjestheorie

Op zoek naar een verklaring grijpen we naar de deeltjestheorie van **Democritus** (klas 2):

*We hebben afgesproken, dat zoet, zoet is, dat zuur, zuur is, dat warm, warm is, dat koud, koud is en dat kleur, kleur is.
Maar eigenlijk zijn er alleen maar ondeelbare deeltjes en lege ruimte.
Omdat deze deeltjes zo klein zijn, dat we ze niet kunnen waarnemen, zeggen we, dat de dingen die we wel kunnen waarnemen, echt zijn, maar dat zijn ze niet.
Alleen de ondeelbare deeltjes en de lege ruimte zijn echt.*
(The evolution of physics, Albert Einstein en Leopold Infeld)



We kunnen alle elektrische verschijnselen verklaren als we uitgaan van twee soorten deeltjes en twee soorten krachten:

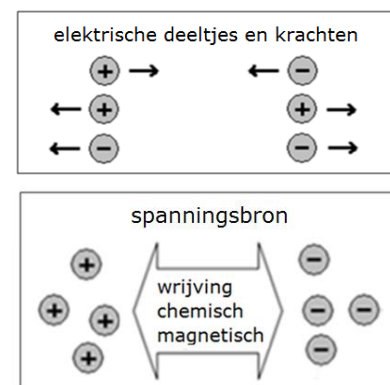
- + Deeltjes** **Aantrekkende krachten**
- Deeltjes** **Afstotende krachten**

Binnen een stof zijn de + en - deeltjes zo gemengd, dat er geen elektriciteit optreedt.

Elektriciteit ontstaat pas als je ze door wrijving (doek en staaf, van de Graaffgenerator), chemisch (batterij, accu) of magnetisch (dynamo, generator) van elkaar weet te scheiden.

Dat is precies wat spanningsbronnen doen. Zie paragraaf 4.2.

[phet.colorado.edu/John Travoltage](http://phet.colorado.edu/JohnTravoltage)

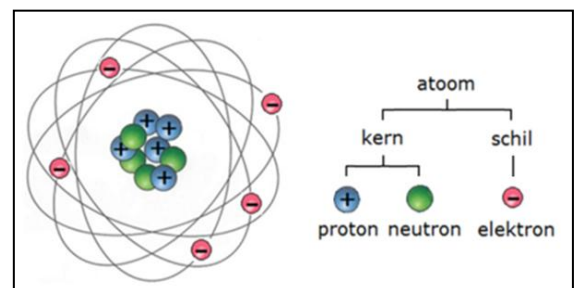


Zoektocht

Puur elektrische deeltjes werden nooit gevonden. Toen **Rutherford** het ondeelbaar geachte atoom onderzocht, bleek het zo leeg dat de kern een 'vlieg in een kathedraal' genoemd werd. Toch werden binnen dit atoom twee soorten 'elektrisch geladen' massadeeltjes gevonden:

- Protonen** met een + lading
- Elektronen** met een - lading

Opgesloten in neutrale atomen, verklaren deze deeltjes de elektrische activiteit van stoffen nog niet.



Geleiders en isolatoren

Bij sommige atomen kunnen de buitenste elektronen van de kern los schieten (door de grote afstand en zekere afscherming). Deze atomen vallen dan uit elkaar in:

- + Ionen**
- Vrije elektronen**

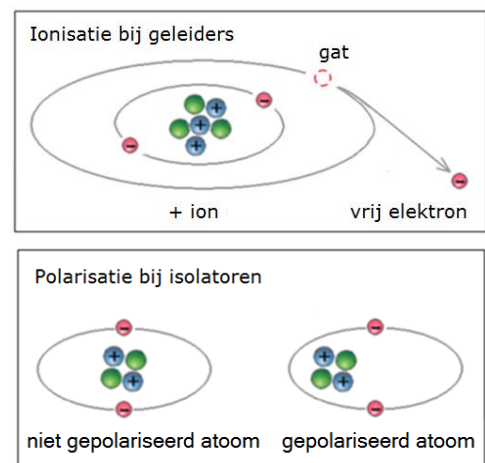
Door **ionisatie** kunnen stoffen veranderen in *geleiders*.

Bij andere atomen kunnen de elektronen ten opzichte van de kern verschuiven (door elektrische krachten van buiten). Deze atomen blijven dan wel neutraal, maar krijgen:

- + Polen**
- Polen**

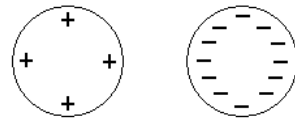
Door **polarisatie** kunnen ook *isolatoren* elektrisch acteren.

phet.colorado.edu/polarisatie

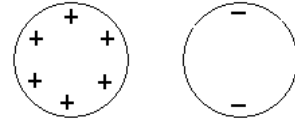


1. Wrijving tussen twee verschillende stoffen.
 - a. Je (droge) haar begint tijdens het kammen te knetteren. Leg uit.
 - b. Bij het tanken van een pas geland vliegtuig treedt er een explosie op. Leg uit.
 - c. Als je het portier van een auto waarmee juist gereden is beetpakt, krijg je een tik (schok). Leg uit.
2. Volgens Democritus zijn alleen de deeltjes en de lege ruimte echt.
 - a. Wat betekent zijn opvatting voor je mensbeeld?
 - b. Schept hij duidelijkheid of maakt hij het mysterie alleen maar groter?
3. Lang dacht men met het atoom (ondeelbaar deeltje, Gr.) het ondeelbare deeltje van Democritus gevonden te hebben. Men ging twijfelen toen er uiteindelijk 88 verschillende soorten gevonden werden. Zet de hieronder genoemde deeltjes in de goede volgorde van groot naar klein.
atoom, neutron, quark, elektron, molecuul, proton

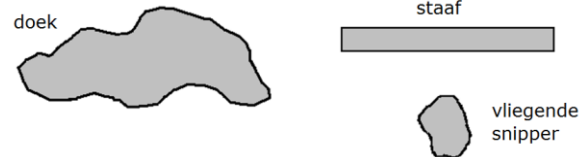
4. De twee metalen bollen hiernaast zijn elektrisch geladen. Ze worden door een metalen draad met elkaar verbonden. Teken de eindsituatie.



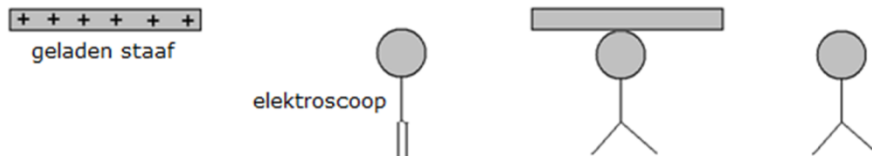
5. De twee metalen bollen hiernaast zijn elektrisch geladen. Ze worden door een metalen draad met elkaar verbonden. Teken de eindsituatie.



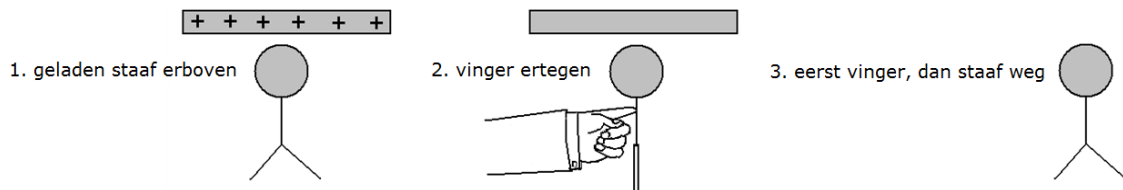
6. Als je een perspexstaaf met een katoenen doek opwrijft, kun je kleine papiersnippers laten vliegen. Verklaar dit door in de figuur hiernaast steeds een kloppend aantal + en - deeltjes te tekenen.



7. Je kunt een voorwerp (bijv. elektroscop) laden door het met een elektrisch geladen staaf aan te raken. Laat dit zien door in de figuur hieronder steeds een kloppend aantal + en - deeltjes te tekenen.



8. Je kunt een voorwerp (elektroscop) laden zonder het met een elektrisch geladen staaf aan te raken. Laat dit zien door in de figuren 1, 2 en 3 steeds een kloppend aantal + en - deeltjes te tekenen.



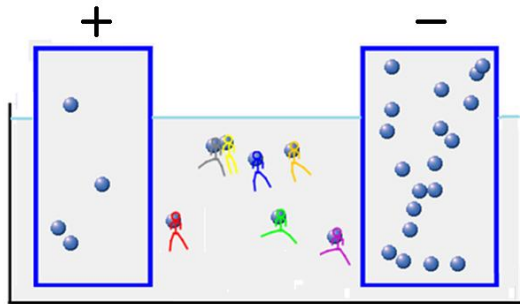
9.
 - a. Uit welke kleinere deeltjes bestaat een neutraal atoom?
 - b. Welke dragen een + lading, welke een - lading en welke zijn ongeladen?
 - c. Waarom is het atoom toch neutraal?
10.
 - a. Op welke twee manieren kunnen de protonen en elektronen van een neutraal atoom uit elkaar gedreven worden? Leg ze uit.
 - b. Welke manier verklaart het kleven van een opgewreven ballon tegen een muur? Leg uit.
 - c. Welke manier verklaart de elektrische stroom door een metaaldraad? Leg uit.

Van micro naar macro

Van de *microwereld* van *deeltjes, krachten* en *beweging* stappen we over naar de *macrowereld* van *lading, spanning* en *stroom*.

- **Elektrische lading** ontstaat door een tekort of teveel aan één van de twee soorten elektrisch geladen massadeeltjes (+ ionen of vrije elektronen).
- **Elektrische spanning** (druk) wordt veroorzaakt door de elektrische krachten die elektrische ladingen op elkaar uitoefenen.

Een **spanningsbron** is een ladingspomp (elektronenpomp) die een constant spanningsverschil (drukverschil) handhaaft tussen twee punten, de + pool (hoge spanning) en de - pool (lage spanning).



Een *chemische spanningsbron* (batterij of accu) bestaat uit twee verschillende metalen in een zuur- of zoutoplossing. De zuur- of zoutmoleculen vallen in water uit elkaar in + en - ionen (de gekleurde duikertjes hiernaast). Zo ontstaat een elektrisch actieve oplossing die aan het ene metaal elektronen onttrekt om ze aan het andere toe te voegen.

phet.colorado.edu/batterij

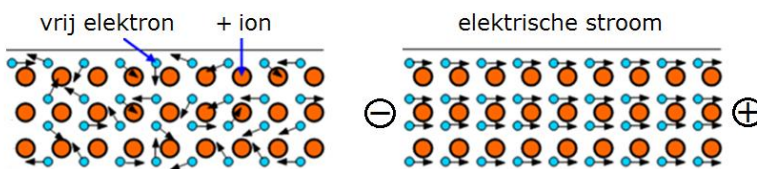
- **Elektrische stroom** is een stroom van + lading die ontstaat als je een plaats met een hoge spanning (+ pool) verbindt met een plaats met een lage spanning (- pool).

Elektrische stroom (+ lading):

buiten spanningsbron van + naar - pool ; binnen spanningsbron van - naar + pool.

Elektronenstroom (- lading):

buiten spanningsbron van - naar + pool ; binnen spanningsbron van + naar - pool.



Geleider: wel vrije elektronen

Isolator: geen vrije elektronen

schoolphysics.co.uk/animations/electricity/current

Meters

Voltmeter (V-meter)

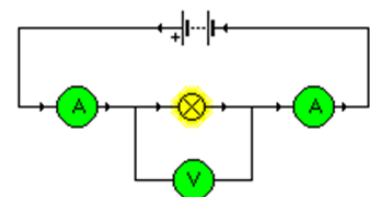
- meet de spanning (het spanningsverschil) **over** een voorwerp
- staat daarom **parallel aan** dat voorwerp

Bij de grootte *elektrische spanning* U hoort de eenheid *volt* V .

Ampèremeter (A-meter)

- meet de stroom **door** een voorwerp
- staat daarom **in serie met** dat voorwerp

Bij de grootte *elektrische stroom* I hoort de eenheid *ampère* A .

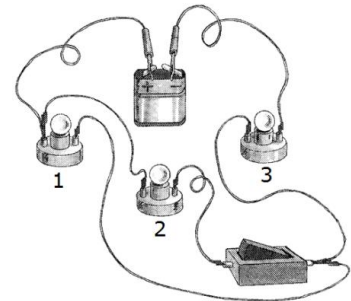


Zo meet je de spanning over en de stroom door een lampje.

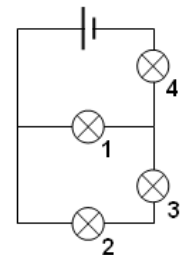
Practicum 4.2

- 1 Elk voorwerp bevat zowel positieve als negatieve lading.
 - a. Wat kun je zeggen over de hoeveelheden als het voorwerp neutraal is?
 - b. Wat als het positief geladen is?
 - c. Kun je aan de uitslag van een elektroscop zien of deze positief of negatief geladen is?
- 2 a. Wat gebeurt er met de ladingsverdeling binnen een voorwerp, als dat voorwerp ‘toevallig’ een spanningsbron is?
 b. Noem drie manieren waarop spanningsbronnen dit voor elkaar krijgen.
- 3 In de elektriciteit zijn *geleiders* en *isolatoren* twee heel belangrijke ‘spelers’.
 Wat is het verschil en hoe wordt dit veroorzaakt?
- 4 Vul in:
 Een *elektrische stroom* is een stroom van die beweegt van een plaats met een spanning naar een plaats met een spanning .
 Een *elektronenstroom* is een stroom van die gaat van naar

- 5 a. Teken het schakelschema van de elektrische schakeling hiernaast. Gebruik daarbij de juiste symbolen. Bedenk ook dat een spanningsbron, een schakelaar en een lampje slechts *twee* aansluitpunten hebben.
 b. Welk(e) lampje(s) kun je met de schakelaar aan en uit doen?

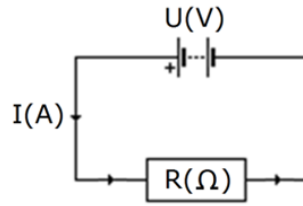


- 6 Neem in het schema hiernaast een A- en een V-meter op en wel zo dat je er de stroom door en de spanning over lampje 3 mee kunt meten.



4.3 Weerstand

Na *spanning* en *stroom* kijken we hier naar de derde belangrijke speler in een stroomkring, *weerstand*.



Definitie van de grootheid weerstand R

De **weerstand R** van een voorwerp stellen we gelijk aan de spanning die je nodig hebt om er een afgesproken stroom (1 A) doorheen te persen.

Berekenen: $R = \frac{U}{I}$ (definitie weerstand R) met $\begin{matrix} U(V) \\ I(A) \\ R(\Omega) \end{matrix}$

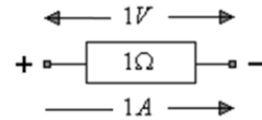
↓

$1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$ (definitie ohm Ω)

Met deze definitie wordt het verband tussen spanning, stroom en weerstand vastgelegd.

Definitie van de eenheid van weerstand, de ohm Ω

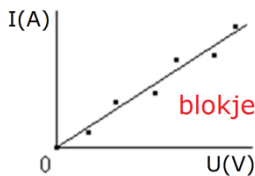
De weerstand van een voorwerp stellen we gelijk aan 1 **ohm Ω** als je een spanning van 1 V nodig hebt om er een stroom van 1 A doorheen te persen.



Twee soorten weerstanden

Bij practicum 4.3 onderzoek je het verband tussen de *spanning U over* en de *stroom I door* een voorwerp. We vinden *twee soorten weerstand*:

- **Ohmse weerstand** (blokweerstand, constantaandraad)



1. De **I(U)** – grafiek is een rechte lijn door de oorsprong.
2. Als **U** 2x zo groot wordt, wordt **I** ook 2x zo groot.
3. De verhouding tussen **U** en **I** is constant $\frac{U}{I} = constant$

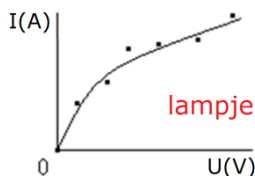
I is rechtevenredig met U

(Wet van Ohm)

[phet.colorado.edu/Wet van Ohm](http://phet.colorado.edu/Wet%20van%20Ohm)

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

- **Niet-ohmse weerstand** (gloeilampje)



Als de stroom toeneemt, wordt de warmtebeweging van de atomen in de gloeidraad van een lampje groter. Daardoor gaan de trillende +ionen de elektronenstroom meer hinderen en neemt de weerstand van het lampje toe.

[schoolphysics.co.uk/resistance and electrons](http://schoolphysics.co.uk/resistance%20and%20electrons)

I is niet (!) rechtevenredig met U

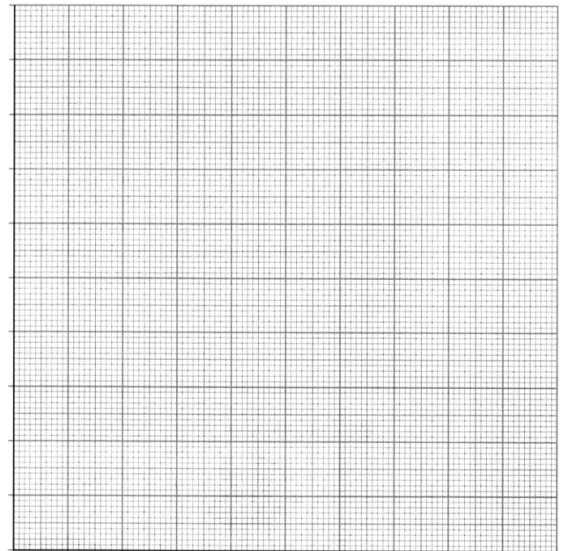
$$\frac{U}{I} = R \neq constant$$

Practicum 4.3

- Om het verband tussen spanning en stroomsterkte van een blokweerstandje en een gloeilampje te onderzoeken, sluit Vince ze achtereenvolgen aan op een regelbare spanningsbron. Natuurlijk neemt hij ook een stroom- en spanningsmeter in de schakeling op.
 - Teken het schakelschema als hij met het gloeilampje bezig is. Gebruik de juiste symbolen.
 - Schets in één $I(U)$ – diagram het verloop van:
 - de grafieklijn van een blokweerstandje;
 - de grafieklijn van een gloeilampje.
 Vergeet daarbij niet de grootheden en eenheden aan te geven!
 - Wat is het verschil en hoe kun je dat verklaren?
- Dennis sluit een blokweerstand van 4Ω aan op een voedingskastje. Hij meet een stroom van $0,25 \text{ A}$.
 - Welke spanning heeft hij ingesteld?
Dennis draait aan de knop van het kastje tot hij een stroom meet van $0,75 \text{ A}$.
 - Hoe groot is de spanning dan?
Daarna sluit Dennis een klein gloeilampje aan. Op het lampje staat $3,5 \text{ V} / 0,2 \text{ A}$.
 - Hoe groot is de weerstand van dit gloeilampje als het de juiste spanning krijgt?
 - Wat gebeurt er met deze weerstandswaarde als het lampje een te hoge spanning krijgt?

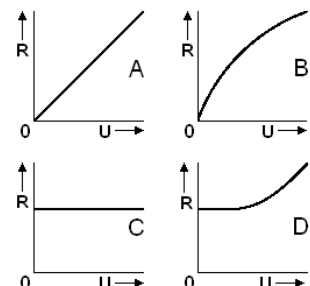
- Koen bouwt een schakeling waarmee hij het verband tussen de spanning over en de stroom door een gloeilampje onderzoekt. Zijn meetresultaten vind je in de tabel hieronder.

U(V)	I(A)
2	0,18
4	0,26
6	0,32
8	0,37
10	0,41
12	0,44



- Teken hiernaast de bijbehorende $I(U)$ – grafiek.
 - Bepaal twee keer de weerstand van het lampje: een keer bij 6 V en een keer bij 9 V .
 - Verklaar de verschillende uitkomsten.
- Door een zoemertje met een weerstand van 47Ω , loopt er een stroom van $0,03 \text{ A}$.
 - Bereken de spanning van het batterijtje waarop het aangesloten is.
Door een gloeilamp loopt bij een spanning van 230 V een stroom van 25 mA .
 - Bereken de weerstand van deze gloeilamp.
Een autoradio met een weerstand van $0,5 \text{ k}\Omega$ wordt aangesloten op een 12 volt accu.
 - Bereken de stroom door deze radio.
 - Voor een ohmse weerstand geldt, dat de stroom I *recht evenredig is met* de spanning U .
Welke drie dingen kun je zeggen over de relatie tussen I en U ?

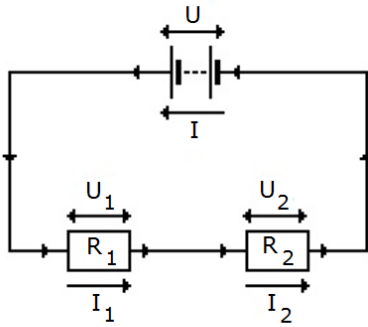
- Bij een spanning van $6,0 \text{ V}$ stroom er $1,2 \text{ A}$ door een blokweerstandje.
 - Hoe groot is de stroom bij een spanning van 15 V ?
 - Hoe groot is de spanning bij een stroomsterkte van $0,25 \text{ A}$?



- Lincy draait de spanning over een lampje op van 0 naar 6 V . Om de volt meet zij de stroomsterkte en berekent ze de weerstand van het lampje. Vervolgens maakt ze een grafiek van de weerstand tegen de spanning.
Welke van de hiernaast afgebeelde grafieken vindt Lincy?

In klas 2 maakte je al kennis met de serie- en parallelschakeling. Hier beschrijven we hoe het in deze schakelingen met de *spanning U*, *stroom I* en *weerstand R* gesteld is.

Serienschakeling (kerstboom)



Spanning wordt verdeeld:

$$U = U_1 + U_2$$

Stroom blijft gelijk:

$$I = I_1 = I_2$$

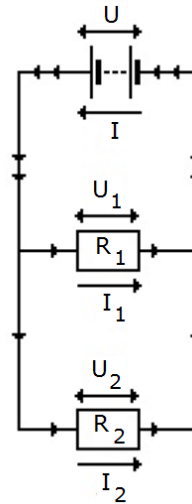
Weerstand wordt groter:

$$R = R_1 + R_2 \quad (R \geq R_i)$$

meer hobbels op de weg

schoolphysics.co.uk/series_circuit

Parallelschakeling (huis, tuin en keuken)



Spanning blijft gelijk:

$$U = U_1 = U_2$$

Stroom wordt verdeeld:

$$I = I_1 + I_2$$

Weerstand wordt kleiner:

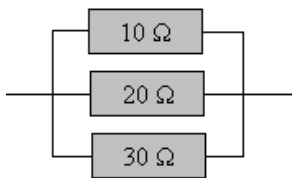
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (R \leq R_i)$$

meer wegen erbij

schoolphysics.co.uk/parallel_circuit

Een rekenvoorbeeld.

Geg:



Gevr: de totale of vervangingsweerstand *R*

Opl:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = 0,183 \rightarrow \underline{R = 5,45\Omega}$$

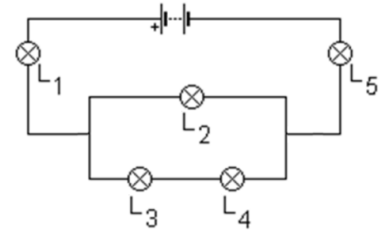
Zie WW 6.

Practicum 4.4 a en b

Opgaven

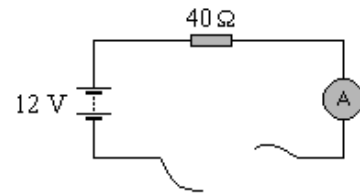
- Wat weet je van de spanning bij een parallelschakeling?
 - Wat weet je van de stroom bij een serieschakeling?

- Bekijk de schakeling van hiernaast.
Alle lampjes zijn gelijk.
 - Welk(e) lampje(s) brandt/branden het felst?
 - Welk(e) lampje(s) brandt/branden het zwakst?

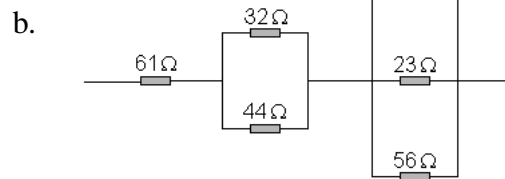
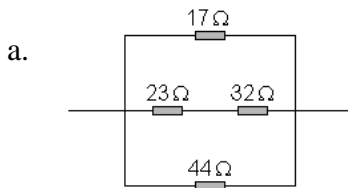


- Vince schakelt een weerstand van $10\ \Omega$ parallel aan een van $20\ \Omega$.
Welke van de onderstaande beweringen is juist? Kies A, B of C.
 - De totale weerstand is kleiner dan $10\ \Omega$.
 - De totale weerstand ligt in tussen $10\ \Omega$ en $20\ \Omega$.
 - De totale weerstand is groter dan $20\ \Omega$.

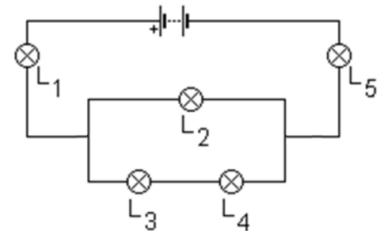
- Bereken hoeveel de ampèremeter hiernaast aanwijst als de twee draadjes tegen elkaar gehouden worden.
Als er een onbekende weerstand tussen de twee draadjes geplaatst wordt, wijst de ampèremeter nog maar $60\ \text{mA}$ aan.
 - Bereken de onbekende weerstand.



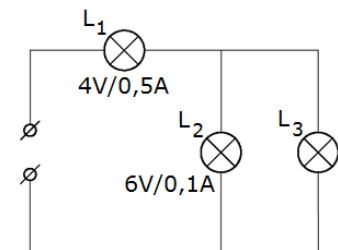
- Bereken de totale weerstand van de schakelingen hieronder.



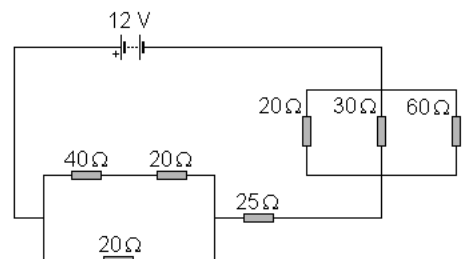
- Bekijk de schakeling hiernaast.
Alle lampjes zijn gelijk en hebben een weerstand van $30\ \Omega$.
De schakeling wordt aangesloten op een spanning van $16\ \text{V}$.
 - Bereken de totale weerstand.
 - Bereken de totale stroomsterkte.
 - Bereken de spanning over lampje 1.
 - Bereken de spanning over lampje 2.
 - Bereken de spanning over lampje 3.



- Bij een practicum maken de leerlingen de schakeling van hiernaast.
Ze voeren vervolgens verschillende metingen uit.
De gevonden meetwaarden staan vermeld in de figuur.
 - Bepaal de spanning over lampje 3.
 - Bepaal de stroom door lampje 3.
 - Bereken de weerstand van lampje 3.



- Een complexe schakeling
 - Bepaal de totale weerstand van de schakeling hiernaast.
 - Bereken de hoofdstroom door de schakeling.
 - Bereken door welke weerstand we de $25\ \Omega$ moeten vervangen, als we de hoofdstroom terug willen brengen naar $80\ \text{mA}$.



4.5 Vermogen en energie

Hoe groter het vermogen P (= Power) in watt W (= Watt):

- hoe groter de prestatie (voordeel)
- hoe groter het energiegebruik (nadeel)

Vermogen P

$$\boxed{P = U \cdot I} \quad \text{met} \quad \begin{array}{|l} U(V) \\ I(A) \\ P(W) \end{array}$$

↓

$$W \stackrel{DEF}{=} V \cdot A \quad (\text{definitie watt } W)$$



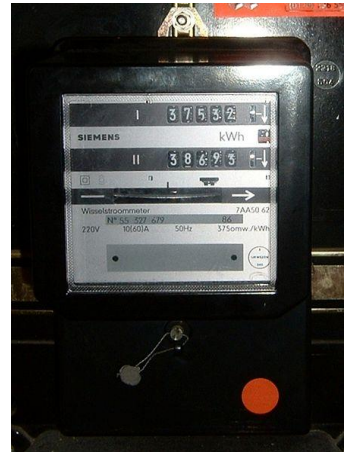
stoommachine van James Watt

Energiegebruik E (klas 2)

$$\boxed{E = P \cdot t} \quad \text{met} \quad \begin{array}{|l} P(kW) \\ t(h) \\ E(kWh) \end{array}$$

↓

$$kWh \stackrel{DEF}{=} kW \cdot h \quad (\text{definitie kilowattuur } kWh)$$



Tenslotte moet er afgerekend worden.

- kWh-meter:
Het aantal omwentelingen van de draaischijf is **rechtevenredig** met het aantal geleverde kilowatturen.
- Energiebedrijf:
Het aantal geleverde kilowatturen is **rechtevenredig** met het aantal te betalen euro's.

Op grond van deze rechtevenredigheden berekenen we het bedrag met **verhoudingstabellen**.
Zie 2hv paragraaf 6.5 Energie en WW 5 Rechtevenredigheid.

1. Een stofzuiger heeft een vermogen van 1200 W.
 - a. Wat is het voordeel van een groot vermogen?
 - b. Wat is het nadeel?

2. Een verwarmingselement zet in 12 minuten 0,4 kWh elektrische energie om in warmte.
Bereken het vermogen van dat element.

3. Helen koopt een nieuw achterlampje voor haar fiets.
Op de dynamo staat 6 V / 3 W.
Op het voorlampje staat 6 V / 0,45 A.
 - a. Bereken de stroom die de dynamo volgens opgave levert.
 - b. Staat het achterlampje in serie met of parallel aan het voorlampje? Hoe weet je dit?
 - c. Bereken welke spanning en stroom op het achterlampje zouden moeten staan.

4. Barry speelt dagelijks op zijn elektrische gitaar met een gemiddeld vermogen van 100 W.
Hij beweert dat de kosten van het elektriciteitsgebruik € 0,30 per week zijn.
Bereken hoeveel uur hij per dag speelt, als 1 kWh elektrische energie € 0,20 kost.

5. Op de kWh-meter in de meterkast leest Donna, dat de draaischijf 400 omwentelingen per kWh maakt.
Als ze haar magnetron 12 minuten aanzet, draait de schijf van de kWh-meter precies 56 rondjes.
 - a. Bereken uit dit aantal rondjes, hoeveel elektrische energie de magnetron gebruikt heeft.
 - b. Bereken vervolgens het vermogen van Donna's magnetron.

6. Twee verwarmingsdraden zijn aangesloten op een accu van 12 V. De ene draad heeft een weerstand van 40 Ω, de andere van 10 Ω.
 - a. Bereken het gezamenlijke vermogen van de draden, als ze *in serie* op de accu aangesloten worden.
 - b. Bereken het gezamenlijke vermogen van de draden, als ze *parallel* op de accu aangesloten worden.

7. Een kerstboomverlichting bestaat uit een aantal lampjes (5,75 V; 1,5 W) die in serie zijn aangesloten op een netspanning van 230 V.
 - a. Bereken hoeveel lampjes deze kerstverlichting bevat.
De kerstverlichting blijft gedurende de hele kerstvakantie (14 dagen en nachten) branden.
 - b. Bereken de elektriciteitskosten als 1 kWh elektrische energie € 0,20 kost.

8. Vince en Lincy beginnen het ontbijt met een croissantje. Vince vraagt zich af, wat één zo'n croissantje hem inclusief het opwarmen, kost.
De voorgebakken croissantjes kosten € 0,60 per pakje van 4 stuks. Als ze twee croissantjes tegelijk opwarmen, staat de hete luchtoven (1000 W) 6 minuten aan terwijl de kWh-prijs € 0,20 is.
 - a. Bereken de totale kosten van één zo'n croissantje.
 - b. Bereken hoeveel stroom de oven tijdens het opwarmen trekt, als de netspanning 230 V is.
De keukengroep wordt beveiligd door een 12 A-stop.
 - c. Bereken hoeveel van deze hete luchtovens er maximaal aangezet kunnen worden.

9. De walkman van Koen heeft een vermogen van 0,3 W.
Het apparaat speelt 8 uur op 2 batterijtjes van € 1,20 per stuk. Daarna zijn de batterijen leeg.
 - a. Bereken hoeveel kWh elektrische energie de batterijen dan hebben geleverd.
 - b. Hoeveel geld bespaart Koen, als hij deze energie uit het stopcontact (kWh-prijs € 0,20) haalt?

10. Dennis test twee kleine gloeilampjes door ze ieder op de juiste spanning aan te sluiten.
Op lampje 1 staat 4,5 V / 0,25 A.
Op lampje 2 staat 2,25 V / 0,90 W.
 - a. Door welk lampje loopt de grootste stroom? Laat dit zien met een berekening.
 - b. Welk lampje heeft de grootste weerstand? Laat dit zien met een berekening.
 - c. Welk lampje heeft het grootste vermogen? Laat dit zien met een berekening.
 - d. Welk lampje brandt het felst? Leg dit uit.

4.6 Veiligheid

In klas 2 bespraken we reeds een aantal maatregelen die een veilige aanvoer van elektrische energie moeten garanderen. Denk aan *groepen (stroomkringen)*, *zekeringen (stoppen)* en *dubbele isolatie*. In deze paragraaf voegen we er nog twee aan toe: *randaarde* en *aardlekschakelaar*.

Groepen (stroomkringen)

Helpen tegen te hoge stroomsterkten (brandgevaar!) ten gevolge van **overbelasting**.

Door de stroomtrekkende elektrische apparaten in groepen in te delen, kun je de stroomsterkte per groep laag houden.

Zekeringen (stoppen)

Grijpen in bij te hoge stroomsterkten (brandgevaar) ten gevolge van:

a. Kortsluiting

Als een stop doorslaat het laatst aangezette apparaat (oorzaak) uitzetten en de stop vervangen.

b. Overbelasting

Als een stop doorslaat minder apparaten in de groep opnemen en een nieuwe groep starten.

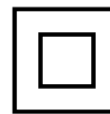
Vormen de zwakste schakel van een groep: als de stroomsterkte te hoog wordt, brandt een dun smeltdraadje door waardoor de stroom wordt uitgeschakeld.

Dubbele isolatie

Voorkomt spanning (schok) op de kast van een apparaat.

Kunststof kast omhult **kunststof** stroomdraden.

[wikipedia/elektrische isolatie](http://wikipedia/elektrische_isolatie)



Randaarde

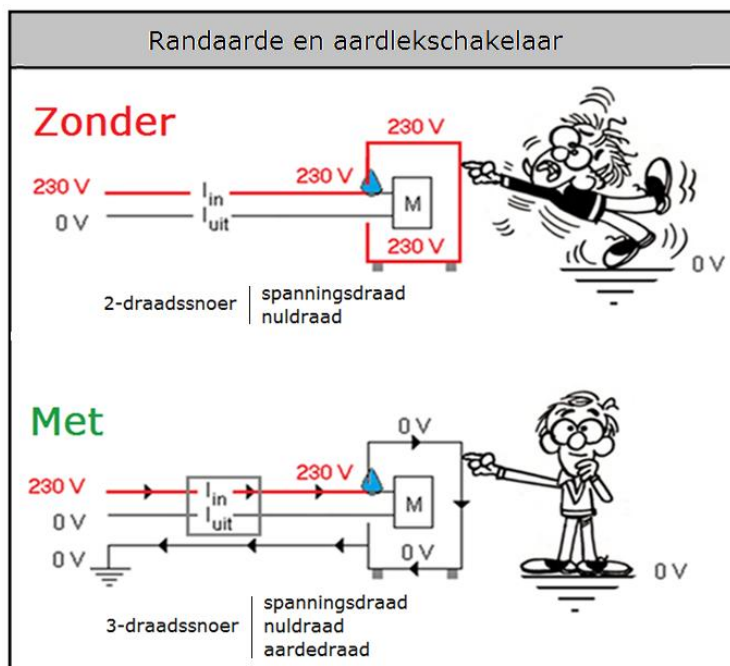
Voorkomt spanning (schok) op de kast van een apparaat.

Metalen kast is via een **aardedraad** met de aarde verbonden.

Aardlekschakelaar

Grijpt in bij het weglekken van (kostbare) elektrische energie via de **randaarde**.

Vergelijkt de stroom die het apparaat ingaat (I_{in}) met de stroom die het apparaat uitgaat (I_{uit}): als de eerste groter is dan de tweede, wordt de stroom automatisch uitgeschakeld.



1. a. Waarvoor dient een zekering of stop?
b. Hoe werkt hij?
2. a. Wat wordt er geïsoleerd bij een dubbele isolatie?
b. Waaraan herken je een dubbele isolatie?
3. a. Waarvoor is het belangrijk apparaten die met water omgaan of die in natte ruimten staan te aarden?
b. Hoe werkt die “aarding”?
4. a. Waarvoor dient een aardlekschakelaar?
b. Hoe werkt hij?
5. Als Donna in de keuken de aanrechtverlichting aandoet, valt alle elektriciteit uit. Niet zo gek, want ze had al een heteluchtoven, wasmachine, koffiezetapparaat en de keukenlamp ingeschakeld.
 - a. Hoe komt het dat alles in een klap uitvalt?
In de woonkamer is niets aan de hand.
 - b. Hoe kan dat?
In de meterkast ziet ze dat een van de stoppen is doorgeslagen. Als ze hem door een nieuwe vervangt, slaat deze ook direct door.
 - c. Wat had Donna natuurlijk eerst moeten doen?
 - d. Door welke forse ingreep zou ze deze ellende in de toekomst voorgoed kunnen voorkomen?
6. Elektrisch speelgoed mag om veiligheidsredenen op zijn hoogst op een spanning van 25 V worden aangesloten. Als iemand een onderdeel aanraakt waar deze spanning opstaat, krijgt hij hoogstens 5 mA door zich heen.
Bereken welke waarde hierbij aan de weerstand van het menselijk lichaam toegekend wordt.
7. Een elektrisch fornuis heeft een maximaal vermogen van 2,2 kW. Het fornuis is aangesloten op een spanning van 230 V en wordt beveiligd door een smeltveiligheid.
Laat met een berekening zien welke waarde die smeltveiligheid minimaal moet hebben. Kies daarbij uit de waarden 6 A, 10 A, 16 A, 20 A en 25 A.
8. In een woning wordt een groep beveiligd door een zekering van 16 A. De netspanning is 230 V. Men wil deze groep belasten met een wasmachine van 3 kW, een tv van 150 W, een koelkast van 120 W en een aantal lampen van 60 W.
Bereken hoeveel van deze lampen men binnen deze groep maximaal kan laten branden.
9. Koen wil een buitenlandse filmprojector met een 110 V / 200 W lamp op onze netspanning van 230 V aansluiten. Om de lamp normaal te laten branden, wil hij hem in serie schakelen met een weerstand.
 - a. Teken het elektrische schema dat Koen in zijn hoofd heeft.
 - b. Bereken de waarde van de weerstand die Koen moet kiezen.
 - c. Wat gebeurt er met de lamp, als Koen ‘op de gok’ een te grote weerstand kiest?