

SAMENVATTING ELEKTRICITEIT

VWO 4 kernboek B hoofdstuk 8

HOEVEELHEID LADING

Symbool Q (soms q)

Eenheid C (Coulomb)

Iedereen heeft wel eens gemerkt dat voorwerpen elektrische eigenschappen kunnen krijgen.

- Als je over (synthetische) vloerbedekking loopt en je raakt daarna een (metalen) trapleuning aan, kun je een schokje krijgen.
- Als je droog haar kamt, kan het overeind gaan staan.
- Als je een plastic pen wrijft aan je trui, kun je met deze pen kleine stukjes papier optillen of een dunne waterstraal uit de kraan afbuigen.
- In onweerswolken stromen stijgende warme lucht en dalende koude lucht vlak langs elkaar. Daardoor worden ontladingen mogelijk tussen de wolk en andere wolken of tussen de wolk en de aarde wat leidt tot bliksem en donder.



In deze voorbeelden werden voorwerpen “geladen” door wrijving.

In de 18^e eeuw werd duidelijk dat er twee soorten lading bestaan: positief en negatief.

Geladen voorwerpen oefenen een elektrische kracht op elkaar uit:

	Voorwerp positief geladen	Voorwerp negatief geladen
Voorwerp positief geladen	Afstotende kracht	Aantrekkende kracht
Voorwerp negatief geladen	Aantrekkende kracht	Afstotende kracht

Alle voorwerpen en materialen in de natuur zijn opgebouwd uit atomen, die bestaan uit nog kleinere deeltjes: protonen, neutronen en elektronen.

Protonen zijn positief geladen, neutronen zijn ongeladen en elektronen zijn negatief geladen.

Deeltje	Hoeveelheid lading (C)
Proton	$1,6 \cdot 10^{-19}$
Neutron	0
Elektron	$-1,6 \cdot 10^{-19}$

De lading van een proton en van een elektron zijn dus (in de eenheid C) zeer klein.

De lading van een proton heet **elementaire lading (e)**; het is de kleinste hoeveelheid lading die in de natuur voorkomt.

Een ongeladen (of neutraal) voorwerp bestaat uit evenveel protonen als elektronen.

Een positief geladen voorwerp bestaat uit meer protonen dan elektronen; er is een elektronentekort; negatief geladen voorwerpen hebben juist een elektronenoverschot.

Door wrijving is het mogelijk om elektronen van het ene voorwerp naar het andere voorwerp over te brengen. Het voorwerp dat een deel van zijn elektronen kwijt raakt, wordt positief geladen. Het voorwerp dat er elektronen bij krijgt, wordt negatief geladen.

ATOMEN

Alles in de natuur bestaat uit zeer kleine deeltjes: protonen, neutronen en elektronen. Zij vormen samen de atomen, waaruit alle voorwerpen en materialen zijn opgebouwd.

Elk atoom bestaat uit een kern (protonen + neutronen) en uit elektronen die relatief ver bij de kern vandaan zijn.

De elektronen zitten in zogenaamde "schillen". In elke schil past slechts een beperkt aantal elektronen. In de eerste schil (het dichtste bij de kern) kunnen maximaal twee elektronen. De tweede schil is vol, als er zich acht elektronen in bevinden, etc.

Elk atoom is neutraal. Dit komt doordat het aantal protonen in de kern is even groot als het aantal elektronen om de kern.

Er bestaan ruim honderd verschillende atomen. Deze atoomsoorten (of elementen) zijn overzichtelijk gerangschikt in het **periodiek systeem der elementen**.

Periodiek systeem van de elementen met enkele praktische toepassingen

Legend:

- Opvulling van de elektronen in het s-niveau
- Opvulling van de elektronen in het p-niveau
- Opvulling van de elektronen in het d-niveau
- Opvulling van de elektronen in het f-niveau

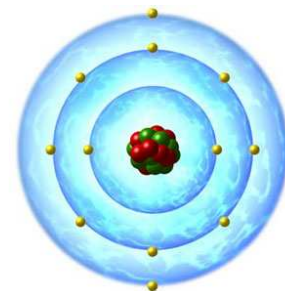
www.periodieksysteem.com

Voorbeeld

Magnesium is het 12^e element in het periodiek systeem. In de kern van het magnesiumatoom zitten 12 protonen. De 12 elektronen zijn verdeeld over drie schillen.

Hiernaast is een model van een magnesiumatoom getekend. In werkelijkheid zitten de elektronen (in verhouding) veel verder bij de kern vandaan.

In de kern zijn de 12 protonen niet goed zichtbaar.



Het aantal neutronen in een magnesiumkern kan verschillen. Magnesiumatomen komen voor met 12, 13 of met 14 neutronen. Dit verschijnsel treedt vaak op en heet "isotopie". Er bestaan dus drie magnesiumisotopen.

De buitenste elektronen in een atoom bepalen de chemische en de (meeste) natuurkundige eigenschappen van de atoomsoort.

Metalen hebben de eigenschap dat er in de buitenste schil (bij magnesium dus de derde) slechts weinig elektronen zitten. Deze buitenste elektronen kunnen dan gemakkelijk van het atoom los raken. We zullen later zien dat metalen hierdoor goede geleiders zijn.

Atomen kunnen samen een molecuul vormen; een bekend voorbeeld is water dat bestaat uit 2 atomen waterstof én één atoom zuurstof: H₂O. Hiernaast zie je een schematische voorstelling van een watermolecuul. Een molecuul is het kleinste deeltje van een stof, dat (in principe) nog alle eigenschappen van die stof bezit.



ENERGIE

Symbool E

Eenheid J (Joule)

Als een voorwerp energie bezit, is het in staat om arbeid te verrichten.

Bij het leveren van deze fysieke prestatie, verliest het voorwerp energie.

Elektrische energie is de energiesoort die wordt gebruikt in elektrische apparaten.

Elektrische energie kan op verschillende manieren ontstaan:

1. In een draaiende dynamo wordt bewegingsenergie omgezet in elektrische energie.
2. In een accu wordt chemische energie omgezet in elektrische energie.
3. In een zonnecel wordt stralingsenergie (licht) omgezet in elektrische energie.

Energie kan niet zo maar ontstaan of verdwijnen (**WvBvE**).

Wel kan de ene energiesoort in de andere worden omgezet en/of kan energie van het ene voorwerp aan het andere worden overgedragen.

SPANNING

Symbol U (soms V of ΔV)

Eenheid V (Volt)

De batterij heeft een spanning van 1,5 V

De accu heeft een spanning van 12 V.



Spanning heeft twee "verschillende" betekenissen:

1. Spanningsbron als ladingpomp
De spanning vertelt hoe krachtig de ladingen in een stroomkring worden rondgepompt. De pompwerking van de accu is (in dit voorbeeld) 8 x zo sterk als die van de batterij; de accu zal dus (in vergelijking met de batterij) de ladingen sneller doen bewegen.
2. Spanningsbron als bron van elektrische energie
De spanning vertelt hoeveel energie één coulomb lading meekrijgt om onderweg in de stroomkring af te geven.
De batterij geeft (in dit voorbeeld) aan iedere coulomb lading 1,5 J energie mee; de accu geeft aan iedere coulomb lading 12 J energie mee.
Als de spanning 1,5 V is, krijgt/geeft één coulomb lading 1,5 J elektrische energie

mee/af: 1,5 V = 1,5 J/C. Dus geldt de formule: $U = \frac{E}{Q}$.

Een lampje, aangesloten op de accu, zal (als het niet "doorbrandt") veel feller branden dan hetzelfde lampje aangesloten op de batterij, omdat:

1. Door de sterkere pompwerking van de accu gaat er per seconde veel meer lading door de gloeidraad van het lampje.
2. Iedere coulomb lading die de gloeidraad passeert geeft bovendien meer (in dit voorbeeld 8 x zo veel) energie af aan de gloeidraad van het lampje.

In het lampje wordt dus veel meer elektrische energie omgezet in licht (en warmte).



Er bestaan twee soorten spanningsbronnen.

1. **Gelijkspanningsbron:**

Bij een gelijkspanningsbron is het ene uiteinde voortdurend positief t.o.v. het andere uiteinde.

De ladingen worden voortdurend in dezelfde richting rondgepompt.

Voorbeelden: batterij, accu, zonnecel.



2. **Wisselspanningsbron:**

Bij een wisselspanningsbron verwisselen de plus en de min voortdurend van plaats.

De ladingen worden steeds in tegengestelde richting gepompt.

Voorbeeld: dynamo (en dus ook het stopcontact $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$; frequentie 50 Hz).

STROOMSTERKTE

Symbol I

Eenheid A (Ampère)

Er is (elektrische) stroom als geladen deeltjes zich (in één richting) verplaatsen.

Er is stroom, als aan twee voorwaarden is voldaan:

1. Er is een spanningsbron.
2. Er is een gesloten kring van geleidend materiaal.

Afspraak: De richting van de stroom is (buiten de spanningsbron) van + naar -

In een metaal loopt er stroom, als elektronen bewegen. Door de elektrische aantrekkende kracht bewegen deze elektronen (buiten de spanningsbron) echter juist van min naar plus. Het is vreemd dat de richting van de stroom van + naar - is, terwijl juist de negatief geladen elektronen bewegen (van - naar +).

Als de stroomsterkte 1,5 A is, passeert er per seconde 1,5 C lading: $1,5 \text{ A} = 1,5 \text{ C/s}$.

Dus geldt de formule: $I = \frac{Q}{\Delta t}$.

Er wordt bij vaste stoffen onderscheid gemaakt tussen:

1. **Isolatoren:** Materialen, waarin ladingen zich "niet" kunnen verplaatsen.
2. **Halfgeleiders:** Materialen, waarin ladingen zich moeilijk kunnen verplaatsen.
3. **Geleiders:** Materialen, waarin de ladingen zich gemakkelijk kunnen verplaatsen.
4. **Supergeleiders:** Materialen, waarin ladingen zich zonder moeite kunnen verplaatsen.

Metalen zijn geleiders. Dit komt, doordat het buitenste elektron(en) in een metaalatoom gemakkelijk "los kan raken" en zich door het metaal(rooster) kan verplaatsen.

Kunststoffen, glas en rubber zijn isolatoren; er zijn geen "vrije" elektronen.

Geleiding in vloeistoffen is mogelijk, als er in de vloeistof ionen (zoals bij zout opgelost in water) aanwezig zijn.

Onder normale omstandigheden is een gas een isolator. Geleiding in gassen is mogelijk, als t.g.v. een hoge spanning door stootionisatie vrije elektronen en ionen aanwezig zijn.

WEERSTANDSWAARDE

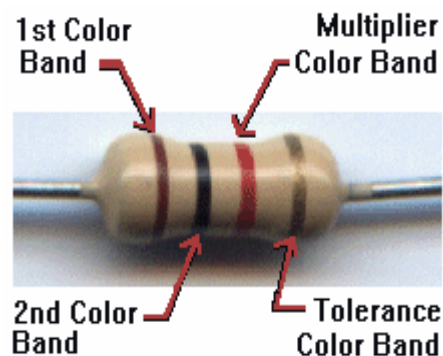
Symbol R

Eenheid Ω (Ohm)

De weerstandswaarde van een onderdeel in een elektrische schakeling geeft aan hoe gemakkelijk (moeilijk) de ladingen door dat onderdeel kunnen gaan.

Als de weerstandswaarde van een onderdeel groot is, is het moeilijk voor de ladingen om te passeren.

Er is dan veel spanning nodig om een redelijke stroomsterkte mogelijk te maken.



Voorbeeld:

We vergelijken een onderdeel met een weerstandswaarde van $1,5 \Omega$ en een onderdeel met een weerstandswaarde van 120Ω :

- $1,5 \Omega = 1,5 \text{ V/A}$: Voor een stroomsterkte van 1 A is een spanning van 1,5 V nodig.
- $120 \Omega = 120 \text{ V/A}$: Voor een stroomsterkte van 1 A is een spanning van 120 V nodig.

De weerstandswaarde is de verhouding van de spanning over en de stroomsterkte door dat onderdeel. Dus geldt de formule:

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

Het woord weerstand wordt in twee verschillende betekenissen gebruikt:

1. Weerstand = weerstandswaarde (dus het aantal ohm)
2. Weerstand = onderdeel waar de ladingen met enige moeite kunnen passeren.

We maken onderscheid tussen de volgende soorten weerstanden:

1. **Ohmse weerstand:**
Onderdeel in een elektrische schakeling met een constante weerstandswaarde. De spanning over en de stroomsterkte door dat onderdeel zijn evenredig en het is dus zinvol om over **dé** weerstand van het onderdeel te spreken.
2. **PTC:** Onderdeel waarbij de weerstandswaarde toeneemt als de temperatuur stijgt.
3. **NTC:** Onderdeel waarbij de weerstandswaarde afneemt als de temperatuur stijgt.
4. **LDR:** Onderdeel waarbij de weerstandswaarde afneemt als er meer licht op schijnt.
5. **Diode:** Onderdeel met een zeer kleine weerstandswaarde als hij in de doorlaatrichting staat en een zeer grote weerstandswaarde als hij in de sperrichting is geschakeld. Een **LED** is een diode die licht geeft als hij in de doorlaatrichting is aangesloten.

Weerstand van een metaaldraad

Hoe langer en hoe dunner een metaaldraad, des te groter is de weerstand van de draad. Verder hangt de weerstand af van het metaal; koper is een betere geleider dan ijzer.

Er geldt:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{\rho \cdot l}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

Let op: ρ is de soortelijke weerstand van het metaal en niet de dichtheid van het metaal!

l is de lengte van de draad (in meter)

A is de doorsnede (de oppervlakte van dwarsdoorsnede) van de draad (in m^2)

d is de diameter (dikte) van de dwarsdoorsnede van de draad (in meter)

Weerstand en temperatuur

De soortelijke weerstand van metalen wordt groter als de temperatuur stijgt. Metalen (zoals gloeidraden) zijn daarom PTC materialen. De weerstandswaarden zijn niet constant.

SERIESCHAKELING

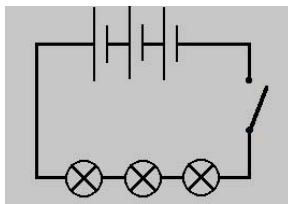
Een serieschakeling is een elektrische stroomkring, waarin alle onderdelen na (achter) elkaar zijn geschakeld. Er is slechts één route; er zijn geen vertakkingen.

In een zogenaamd schakelschema is te zien hoe onderdelen in een stroomkring zijn opgenomen. Voor de verschillende onderdelen worden symbolen gebruikt.

Overzicht van de symbolen

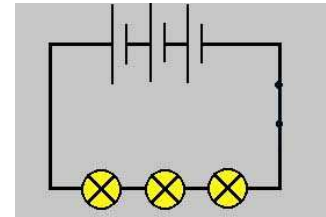
	verbindingsdraad		weerstand (met vaste waarde)
	verbinding met aarde		regelbare weerstand
	schakelaar (open en dicht)		spanningsdeler (potentiometer)
	stroommeter (ampèremeter)		batterijcel
	spanningsmeter (voltmeter)		batterij
	lamp(je)		regelbare spanningsbron (voedingskastje)

Voorbeeld



Drie lampjes en een schakelaar zijn **in serie** aangesloten op een spanningsbron.

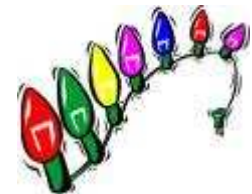
Door de schakelaar te sluiten, gaan alle lampjes tegelijk aan.



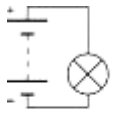
Voorbeeld

Een belangrijk voorbeeld van een serieschakeling is de verlichting in een kerstboom.

Bij kerstverlichting is een schakelaar niet nodig. De meeste mensen draaien één lampje los. Alle lampjes stoppen dan met branden.

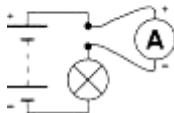


Het meten van de stroomsterkte



Links is een lampje aangesloten op een batterij.

Met een ampèremeter kan de stroomsterkte door het lampje worden gemeten. De ampèremeter zelf heeft een zeer kleine weerstandswaarde.

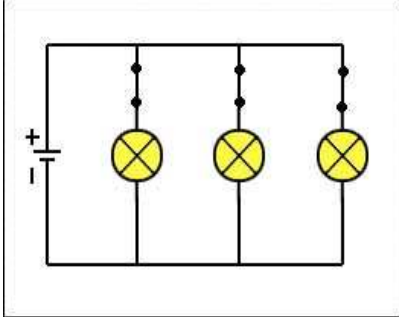


De ampèremeter moet in serie met het lampje worden aangesloten. De stroomsterkte die op de ampèremeter wordt afgelezen is dan even groot als de stroomsterkte die door het lampje gaat.

PARALLELSCHAKELING

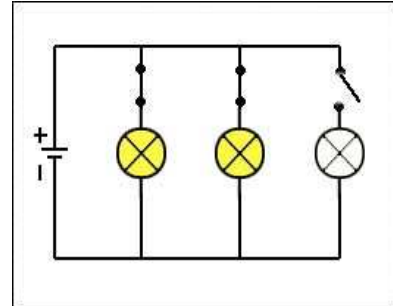
Een parallelschakeling is een elektrische stroomkring, waarin alle onderdelen naast elkaar zijn geschakeld. Er zijn verschillende routes (vertakkingen) voor de stroom.

Voorbeeld



Drie lampjes zijn **parallel** aangesloten op een spanningsbron.

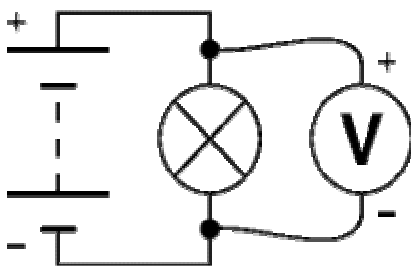
In serie met ieder lampje is een schakelaar; ieder lampje is zo apart aan/uit te schakelen.



Voorbeeld

Alle elektrische apparaten zijn thuis parallel aangesloten op het stopcontact. Ieder apparaat is apart aan/uit te schakelen (op 230 V).

Het meten van de spanning



Links is een lampje aangesloten op een batterij. Met een voltmeter kan de spanning over het lampje worden gemeten. De voltmeter zelf heeft een zeer grote weerstandswaarde.

De voltmeter moet parallel met het lampje worden aangesloten. De spanning die op de voltmeter wordt afgelezen is dan even groot als de spanning die over het lampje staat.

TOTALE WEERSTAND IN SERIESCHAKELING

Totale weerstand R_{tot}

De totale weerstand van een stroomkring geeft aan hoe gemakkelijk (moeilijk) de stroom door de hele kring kan gaan.

Het geeft de bronspanning aan die nodig is om een hoofdstroom van 1 A te krijgen.

De totale weerstand in een serieschakeling

Ieder onderdeel in een serieschakeling vormt een hindernis voor de stroom.

Een extra weerstand in serie geschakeld zorgt er voor dat het moeilijker wordt voor de stroom om door de kring te gaan. Voor de totale weerstand geldt: $R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

TOTALE WEERSTAND IN PARALLELSCHAKELING

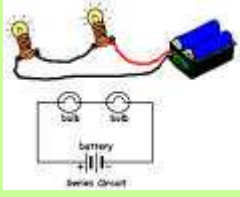
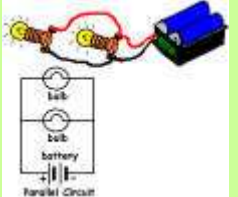
De totale weerstand in een parallelschakeling

Ieder onderdeel in een parallelschakeling vormt een route voor de stroom.

Een extra weerstand parallel geschakeld zorgt er juist voor dat het makkelijker wordt voor de stroom om door de kring te gaan.

De route door een parallelschakeling is altijd makkelijker dan de route door één van de takken in een parallelschakeling.

OVERZICHT SERIE- EN PARALLELSCHAKELING

SERIESCHAKELING	PARALLELSCHAKELING
	
<p>De onderdelen zijn na (achter) elkaar geschakeld; er is slechts één route voor de stroom.</p>	<p>De onderdelen zijn naast elkaar geschakeld; er zijn verschillende routes (takken) voor de stroom.</p>
<p>De spanning van de bron verdeelt zich over de verschillende onderdelen in de stroomkring. Stel: $U_{\text{bron}} = 12 \text{ V} = 12 \text{ J/C}$ Iedere coulomb lading krijgt dan 12 J energie mee om onderweg aan de onderdelen in de kring af te geven. Ieder onderdeel in de kring ontvangt dus zijn deel. Over ieder onderdeel staat dus spanning; over alle onderdelen samen 12 V.</p>	<p>Over iedere tak in de stroomkring staat de spanning van de bron. Stel: $U_{\text{bron}} = 12 \text{ V} = 12 \text{ J/C}$ Iedere coulomb lading krijgt dan 12 J energie mee om onderweg af te geven. Iedere coulomb lading gaat echter maar door één tak [andere lading gaat op hetzelfde moment door de andere tak(ken)]. Over iedere tak staat dus een spanning van 12 V.</p>
<p>De stroomsterkte is overal in de stroomkring even groot. Stel: Voor de stroomsterkte door de spanningsbron geldt: $I = 6 \text{ A} = 6 \text{ C/s}$ Iedere seconde gaat 6 coulomb lading. Er is slechts één route. De stroom kan zich daarom niet splitsen. De stroomsterkte moet dus overal in de schakeling wel 6 A zijn.</p>	<p>De stroom van de spanningsbron verdeelt zich over de verschillende takken in de stroomkring. Stel: Voor de stroomsterkte door de spanningsbron geldt: $I = 6 \text{ A} = 6 \text{ C/s}$ Iedere seconde gaat 6 coulomb lading. Er zijn verschillende routes; de stroom zal zich splitsen. Door alle takken samen moet iedere seconde 6 coulomb lading passeren.</p>
<p>Een extra weerstand vormt een extra hindernis voor de stroom. Een extra weerstand vergroot daarom de totale weerstandswaarde in de kring: $R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$</p>	<p>Een extra weerstand is een extra route voor de stroom. Een extra weerstand verkleint daarom de totale weerstandswaarde in de kring: $1/R_{\text{totaal}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$</p>

VERMOGEN

Symbol P

Eenheid W (Watt)

Het vermogen van een (elektrisch) apparaat geeft aan hoeveel energie er per seconde wordt omgezet. Op veel elektrische apparaten staat het vermogen vermeld.

In een 40 W gloeilamp wordt iedere seconde 40 J elektrische energie omgezet

(in warmte + licht): 40 W = 40 J/s. Dus geldt de formule: $P = \frac{E}{\Delta t}$.

Voor het verbruik van elektrische energie moet worden betaald aan het energiebedrijf.

De energiebedrijven gebruiken voor de hoeveelheid verbruikte elektrische energie niet de wetenschappelijke eenheid J, maar de praktische eenheid kWh.

Aan particuliere consumenten wordt per kWh ongeveer € 0,20 in rekening gebracht.

Verbruik van 1 kWh

Een elektrisch apparaat met een vermogen van 1 kW dat één uur aanstaat verbruikt 1 kWh.

Andere voorbeelden van een energieverbruik van 1 kWh:

Vermogen apparaat	Bedrijfstijd
100 W	10 uur
500 W	2 uur
2 kW	½ uur

enzovoort

Dus: 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J.

Voor het vermogen van een elektrisch apparaat geldt: $P = U \cdot I$

Voor het rendement van een apparaat (energieomzetting) geldt:

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

Overzicht van de formules:

- Het verband tussen vermogen, hoeveelheid omgezette energie en tijdsduur:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad \text{Onthoud: } 40 \text{ W} = 40 \text{ J/s}$$

- Voor het vermogen van een elektrisch apparaat geldt verder:

$$P = U \cdot I \quad \text{Onthoud: } 40 \text{ W} = 40 \text{ V} \cdot \text{A}$$

- Voor het rendement van een energieomzetting geldt: $\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$

Onthoud: een apparaat heeft een rendement van 40%, als in een bepaalde tijd (b.v. iedere seconde) 40% van de ingaande energie wordt omgezet in de gewenste energiesoort

- De totale weerstand bij een serieschakeling:

$$R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 + \dots \quad \text{Onthoud: meer weerstanden (in serie geschakeld) betekent een grotere totale weerstand}$$

- De totale weerstand bij een parallelschakeling:

$$\frac{1}{R_{\text{totaal}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad \text{Onthoud: meer weerstanden (parallel geschakeld) betekent een kleinere totale weerstand}$$

ELEKTRICITEIT EN VEILIGHEID


Bescherming tegen elektrocutie

Elektrocutie betekent dat het menselijk lichaam in aanraking komt met stroom.

De mate van elektrocutie wordt bepaald door de grootte van de stroom en de tijd dat de stroom door het lichaam gaat.

Er zijn drie soorten elektrocutiegevaar:

1. Aanraking van onderdelen die stroom voeren:

Onderdelen die stroom voeren, zoals leidingen, zijn gemaakt van geleidende materialen (koper). Deze materialen worden omgeven door isolerende materialen (zie § 5). Zo wordt contact met stroom voorkomen. Sommige producten hebben een dubbele **isolatie**; symbool: 



2. Aanraking van delen die eigenlijk geen stroom mogen voeren:

Een elektrisch apparaat kan “*onder spanning*” komen te staan, als de isolatie van een stroomdraad stuk gaat.

Randaarde is een verbinding met de aarde.

Door het apparaat aan te sluiten op een geaard stopcontact, zal de randaarde ervoor zorgen dat, indien een apparaat onder spanning staat, de stroom naar de aarde wordt afgevoerd.

De **aardlekschakelaar** in de meterkast schakelt vervolgens de stroomtoevoer uit.



3. Bliksem bij onweer:

Zie (bijvoorbeeld): <http://www.kennislink.nl/publicaties/mobiele-telefoons-magneet-voor-bliksem>
Bliksemafleiders bevorderen de veiligheid.

Bescherming tegen brand

Door elektriciteitsdraden mag de stroomsterkte te groot zijn, omdat ze anders te warm worden en brand kunnen veroorzaken. Als de stroomsterkte te groot is, zal een **zekering** (stop) doorsmelten. De stroomkring is dan verbroken.



Een te grote stroomsterkte kan op twee manieren ontstaan:

1. Kortsluiting:

Er is sprake van **kortsluiting**, als de stroom een route kan volgen “zonder” weerstand.

Dit is mogelijk bij een beschadiging; bijvoorbeeld omdat twee niet geïsoleerde draden tegen elkaar aan komen of omdat er water in een elektrisch apparaat is gekomen.

De stroomsterkte zal erg groot zijn.

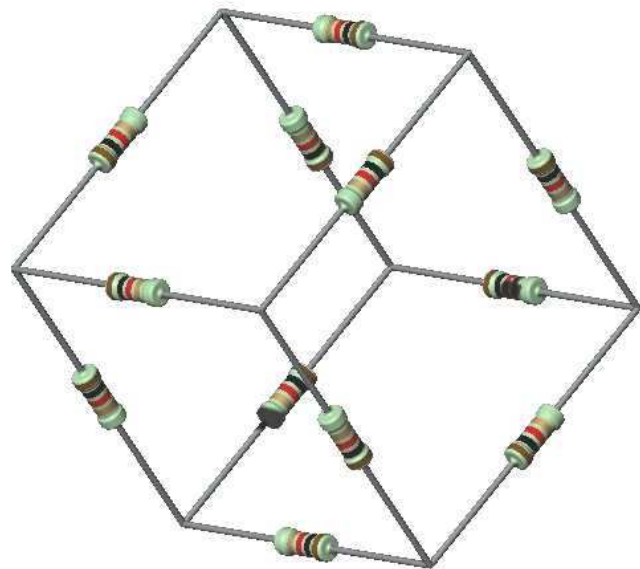
2. Overbelasting:

Er is sprake van **overbelasting**, als er veel apparaten met een hoog vermogen tegelijkertijd (in één groep) aan staan.

Omdat apparaten parallel geschakeld zijn, zal de hoofdstroom te groot zijn.

Nuttige sommen uit boek:

- § 8.1 Elektrische lading; stroom, spanning en spanningsbron
Opgave: 1, 6
- § 8.2 Elektrische stroom, meten van stroomsterkte en spanning
Opgave: 11, 15, 16
- § 8.3 De weerstand van een geleider
Opgave: 17, 19, 20
- § 8.4 Elektrische energie en elektrisch vermogen
Opgave: 30, 31, 32, 33, 34
- § 8.5 Weerstanden parallel en weerstanden in serie
Opgave: 38, 39, 42, 44, 47
- § 8.6 Weerstand van een metaaldraad
Opgave: 52, 53, 54
- § 8.7 Variabele weerstand en spanningsdeler
Opgave: 59, 60, 61, 62
- § 8.8 Enkele bijzondere weerstanden en sensoren
Opgave: 65, 66, 69
- § 8.9 De huisinstallatie
Opgave: 72, 74, 77



Nuttige oefensommen:

- www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?
- www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?
- www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?
- www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?

Puzzel:

Hoe groot is de weerstandswaarde (tussen tegenoverliggende hoekpunten) van deze kubus?

FIRST DIGIT First Colour Band		SECOND DIGIT Second Colour Band		MULTIPLIER Third Colour Band	
BLACK	0	BLACK	0	BLACK	x 1
BROWN	1	BROWN	1	BROWN	x 10
RED	2	RED	2	RED	x 100
ORANGE	3	ORANGE	3	ORANGE	x 1,000
YELLOW	4	YELLOW	4	YELLOW	x 10,000
GREEN	5	GREEN	5	GREEN	x 100,000
BLUE	6	BLUE	6	BLUE	x 1,000,000
VIOLET	7	VIOLET	7	VIOLET	x 10,000,000
GREY	8	GREY	8	GREY	x 100,000,000
WHITE	9	WHITE	9	WHITE	x 1,000,000,000

TOLERANCE Fourth Colour Band:				
BROWN 1%	RED 5%	GOLD 5%	SILVER 10%	SALMON 20%