

Natuurkundeleergang
voor tkl-2 en havo-2

Naam:

Antwoordenboekje.

Themaboekje: Elektriciteit

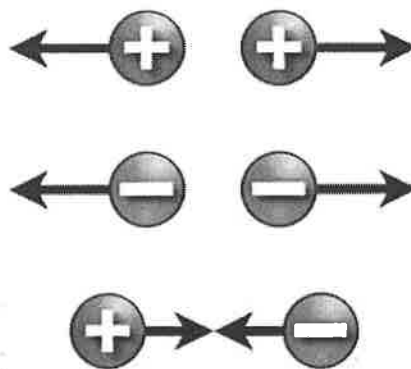


Milton Peters College, Sint Maarten

schooljaar 2021-2022

Theorie deel 1: de stroomkring

Eén van de meest interessante dingen van de natuur is dat er **lading** bestaat. Je hebt **positieve** en **negatieve** lading. Positieve lading korten we af met een + en negatieve lading met een -. Die namen hebben we niet verzonnen omdat de één slechter is dan de ander maar omdat ze ongelijk zijn. Als ladingen gelijk zijn, bijvoorbeeld een + en een +, dan stoten ze elkaar af. Als al je haren op je hoofd bijvoorbeeld positief geladen zijn, dan stoten al je haren elkaar af en gaan ze recht overeind staan. Als ladingen ongelijk zijn, bijvoorbeeld een + en een -. dan trekken ze elkaar juist aan. Een ballon die negatief geladen is blijft aan het plafond plakken als dat plafond positief geladen is.



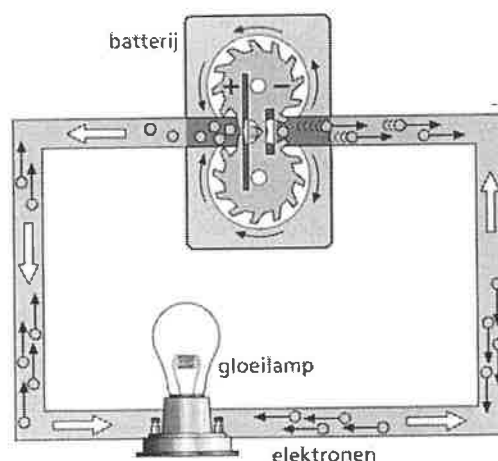
Zoals je misschien al uit een ander themaboekje hebt geleerd, zijn alle stoffen van **atomen** gemaakt. Die zijn zo klein dat een rij met tien miljoen atomen maar een millimeter lang is. Zelfs zo'n klein atoom is nog weer opgebouwd uit onderdelen, namelijk uit een **atoomkern** in het midden en uit **elektronen** die daar om heen bewegen. Het bijzondere is dat die **kernen positief** geladen zijn en de **elektronen negatief**. Daarom blijven atoomkernen en elektronen ook bij elkaar. Ongelijke ladingen trekken elkaar immers aan! Daarom kunnen er dus atomen bestaan!

Omdat elektronen erg beweeglijk zijn, kunnen ze soms ook van het ene atoom naar het andere atoom overspringen. Als dat gebeurt, en als de elektronen allemaal dezelfde kant op gaan bewegen, dan spreken we van een **elektrische stroom**. Een elektrische stroom is dus niets anders dan elektronen die door een materiaal heen bewegen. Een stof waar elektronen heel makkelijk doorheen kunnen bewegen noemen we een **geleider** en een stof waar elektronen heel moeilijk doorheen komen noemen we een **isolator**.

Maar wanneer gaan die elektronen dan bewegen? Daarvoor moet je een stroomkring hebben. Je ziet zo'n **stroomkring** in het plaatje hiernaast. Je hebt altijd drie onderdelen nodig voor een stroomkring:

- 1 – een **apparaat**, dat is hier een lampje,
- 2 – een **spanningsbron**, dat is hier een batterij
- 3 – **draden** of **snoeren** van een geleidende stof die apparaat en spanningsbron met elkaar verbinden.

De batterij duwt de elektronen de draad in. Als die dan door de lamp zijn gegaan gaan ze via de andere draad weer terug naar de batterij. Die duwt ze weer opnieuw aan de andere kant terug de draad in. Op die manier blijven de elektronen rondstromen. Daarom spreken we ook van een **stroomkring**.



Werkblad 1 Een lampje laten branden

De leraar benoemt de leerdoelen van deze les.

De leraar licht theoriedeel 1 toe. De leraar laat daarbij een aantal demonstraties over elektrische lading zien (E1 t/m E3)

Alle leerlingen gaan nu aan de slag met de opdrachten.

De opdrachten 1 t/m 3 zijn proeven (E4, E5 en E6).

De leraar controleert de leerdoelen

Aan het eind van de les kun je:

- beschrijven wat een elektrische lading is en hoe die werkt
 - aan anderen uitleggen wat een stroomkring is
 - het verschil uitleggen tussen geleiders en isolatoren
 - een stroomkring zelf maken
 - met een voedingskastje omgaan

L
e
e
r
d
o
e
l
e
n

Opdracht 1 (Onderzoek E4) Een lampje laten branden

In de natuurkundelessen zullen we vaak gebruik maken van een voedingskastje. Dat is een spanningsbron waarbij je de spanning zelf kunt instellen. Op het kastje zie je een knop waarmee je de spanning kunt regelen. Op sommige voedingskastjes zit een voltmeter en kan je de spanning dus direct aflezen, bij andere voedingskastjes ontbreekt deze voltmeter dan moet je er zelf één aansluiten om de spanning te kunnen weten.



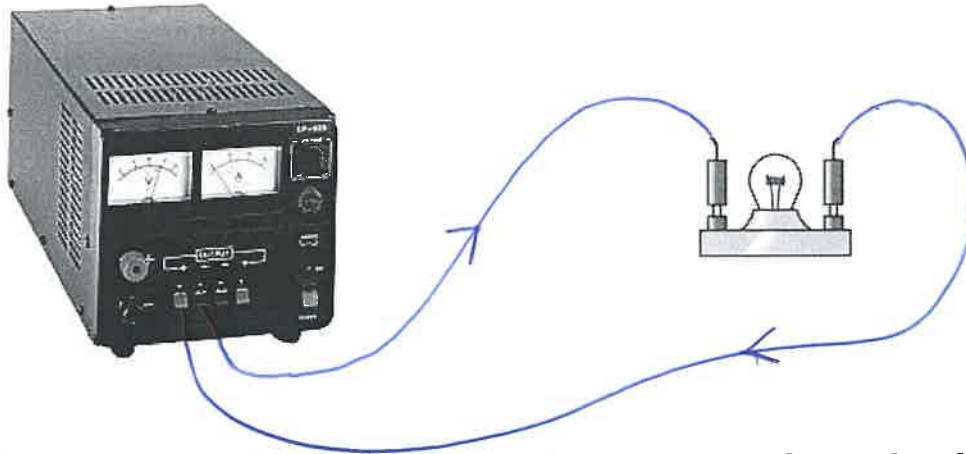
- *Als eerste gaan we oefenen met de voedingskast en een fietslampje: Schakel het voedingskastje uit.*
- *Zet de spanning op 0 volt.*
- *Sluit het lampje aan op de + en – aansluiting van de voedingskast.*
- *Vraag je docent om de schakeling te controleren!*
- *Zet het voedingskastje aan.*

Draai nu langzaam de spanning op totdat het lampje normaal brandt, dat moet bij ongeveer 6,0 volt zijn.

a. *Hoe groot is de stroomsterkte die het voedingskastje nu levert?*

Draai de spanning langzaam terug.

b. *Wat gebeurt er nu met de stroomsterkte? En leg uit waarom dat gebeurt.*



c. Ga na wat je moet doen om het lampje te laten branden op het voedingskastje. Teken hierboven de verbindingen die je gemaakt hebt. Geef ook de richting aan waarin de elektronen stromen.

d. Draai het lampje uit de fitting en maak nu opnieuw een stroomkring door de draadjes op de goede plaatsen tegen het lampje aan te houden. Teken het lampje na, en geef aan op welke plaatsen je de draden moet aansluiten.



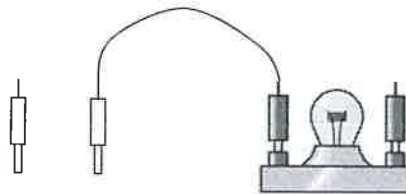
e. Het lampje brandt niet als je het met maar één draadje aansluit op de batterij. Waarom niet?

Dan heb je geen stroomkring.

Opdracht 2 (Onderzoek E5) Geleiders en isolatoren

Voor dit experiment heb je nodig: een batterij, drie draadjes, een lampje en verschillende voorwerpen. We gaan onderzoeken welke stoffen elektrische stroom geleiden, en welke stoffen geen stroom doorlaten. Die laatste stoffen noemen we isolatoren.

- a. Maak een schakeling waarmee je kunt onderzoeken welke stoffen de stroom geleiden. Een deel van de schakeling is al getekend. Maak de schakeling compleet. Zorg dat het lampje gaat branden als de stof de stroom geleidt.



- b. Onderzoek verschillende voorwerpen en materialen op het geleiden van elektrische stroom. Noteer de resultaten in de tabel

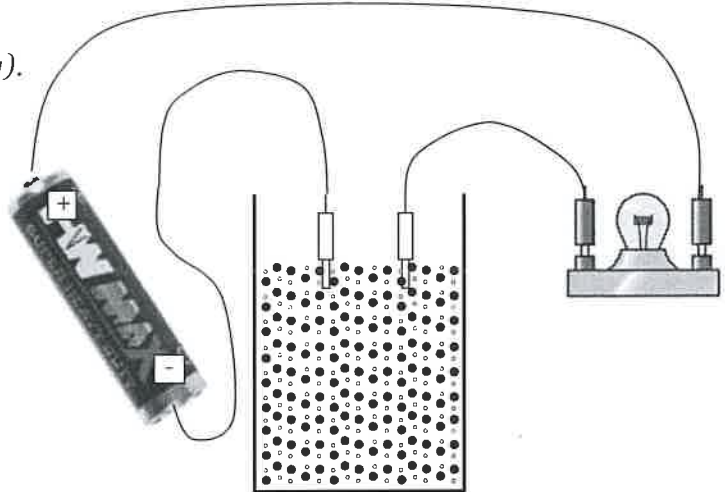
voorwerp	materiaal	geleider of isolator
boek	papier	
etui		
pen		
gum		
potloodpunt		

- c. Welke materialen geleiden de elektrische stroom goed?
- d. Waarom is de buitenkant van elektriciteitskabels gemaakt van plastic?

Opdracht 3 (Onderzoek E6) Stroom door zout water.

Van de docent krijg je ook een bekglas met zout water. Hierin lost het zout op en vormt dan negatief en positief geladen deeltjes.

- a. Maak de volgende stroomkring (vervang de batterij door een voeding).



- b. Wat gebeurt er als je de afstand tussen de uiteinden van de stekkers in het bakje verandert? Leg uit wat je ziet.

Het lampje gaat zwakker branden als je de afstand groter maakt.

In zout water zitten zowel positief geladen deeltjes als negatief geladen deeltjes.

- c. Waarom gaan beide deeltjes bewegen als er een stroom loopt?

Omdat in een vloeistof ook atomen langs elkaar kunnen bewegen.

- d. In welke richting gaan de positieve deeltjes bewegen?

naar de min pool.

- e. In welke richting gaan de negatieve deeltjes bewegen?

naar de plus pool.

Afspraak: In welke richting loopt de elektrische stroom?

In een tekening van een schakeling geven we vaak de **richting** van de elektrische stroom aan. De afspraak bij natuurkunde is dat de stroom altijd getekend wordt van + naar -, ook al bewegen de negatieve deeltjes de andere kant op.

- f. Leg uit waarom het nodig is om een afspraak te maken over de richting van de elektrische stroom.

Anders begrijp je niet meer wat de ander bedoelt.

Extra opdracht A: vragen over stroomkringen

De Zaklamp. In het plaatje hieronder zie je eerst een gewone zaklamp en daarna is dezelfde zaklamp zo weergegeven dat je precies kunt zien wat er allemaal in zit.



a. Teken in het onderste plaatje hoe de stroom door de zaklamp loopt en leg hieronder uit hoe hij werkt.

De stroom gaat door het lampje. Daarna door de buitenkant van de lamp weer terug naar de batterijen.

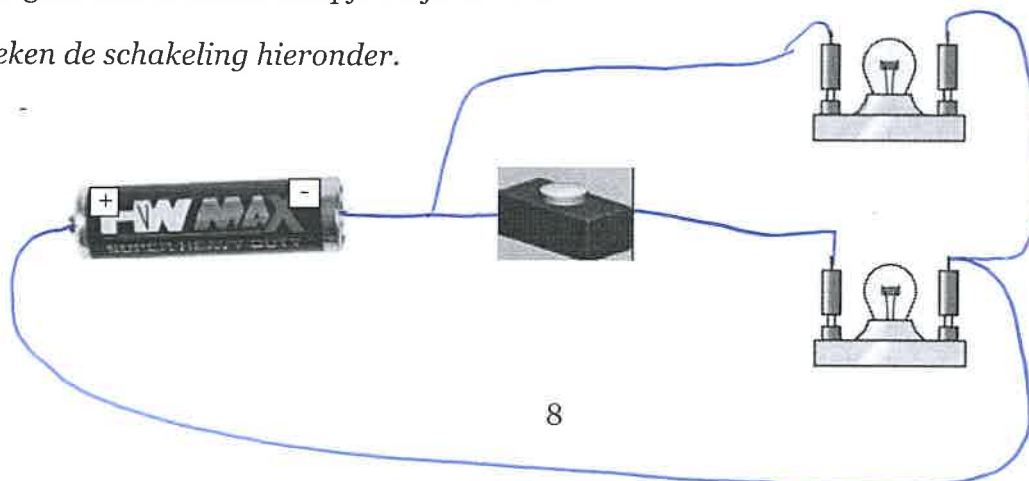
De fiets. Tegenwoordig zitten gaan er meestal 2 draadjes van je dynamo naar je voorlicht van je fiets. Vroeger ging er meestal maar één draadje van de dynamo naar het voorlicht. Toch kon je toen ook je lamp van je fiets laten branden.

b. Leg uit hoe dit kan werken.

De stroom gaat dan via het "frame" van de fiets weer terug naar de dynamo.

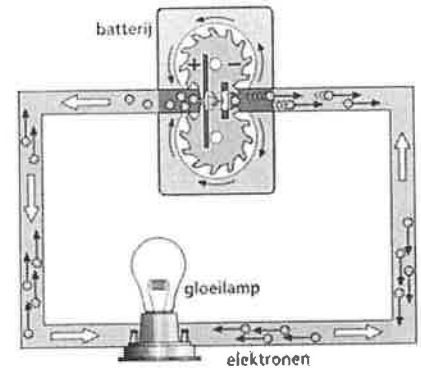
Een stroomkring tekenen: Hieronder zie je een aantal onderdelen voor een stroomkring. Het is de bedoeling dat je de lampjes zo aansluit dat het ene lampje met de schakelaar aan en uit gaat en het andere lampje altijd brandt.

c. Teken de schakeling hieronder.



Theoriedeel 2: spanningsbronnen

De spanningsbron zorgt er voor dat elektronen van minpool naar pluspool worden “geduwd”. Vergelijk het met het duwen van een kar. Hoe harder je duwt, hoe harder de kar gaat. Hoe hoger de spanning van de spanningsbron, hoe harder de elektronen van min naar plus geduwd worden. Een spanningsbron zoals een batterij of een adapter levert elektrische energie die door de elektronen wordt vervoerd van batterij naar een apparaat (bv. een lampje), daar wordt de energie afgegeven. Vervolgens gaan de elektronen weer terug naar de spanningsbron die ze opnieuw van energie voorziet. Een spanningsbron zorgt dus eigenlijk voor drie dingen:



- **Spanning** *Een spanningsbron kan hard of zacht duwen. Dat noemen we de “spanning” waarmee hij duwt. Voor de spanning gebruiken we het symbool U , en spanning wordt gemeten in volt (V). De spanning op het stopcontact is in Sint Maarten 110 volt en in Nederland 230 volt, een staafbatterij levert 1,5 volt.*
- **Stroom** *Er is een elektrische stroom als er elektronen door een stroomkring bewegen. Je kan proberen te tellen hoeveel elektronen er per seconde door een draad gaan. Dat noemen we dan de stroomsterkte (afgekort I). Maar omdat dat te veel elektronen zijn om te tellen, meten we de stroomsterkte liever in ampère (A).*
- **Energie** *Een spanningsbron levert ook elektrische energie aan het apparaat waar de stroom doorheen gaat. De hoeveelheid energie hangt af van de spanning, de stroomsterkte en de tijd dat het apparaat ingeschakeld is. Het symbool voor energie is E , en we meten de hoeveelheid energie in joule (J) of kilowattuur (kWh).*

Als je met meerdere mensen ergens tegen aan staat te duwen, dan duw je samen harder dan ieder voor zich. Zoiets gebeurt ook met batterijen. Als je de batterijen van hiernaast “achter elkaar zet”, dan helpen ze elkaar. Met achter elkaar zetten bedoelen we dat we de minpool van de ene batterij met de pluspool van de andere verbinden. Je kunt dan de spanningen bij elkaar optellen. Als je drie batterijen van 1 volt op die manier met elkaar verbindt, dan krijg je bij elkaar 3 volt.



Door sommige apparaten gaat de stroom niet zo makkelijk heen. Je moet dan harder duwen om de elektronen er door te krijgen. Je hebt dan dus meer spanning nodig. Het is dus maar goed dat je verschillende batterijen met verschillende spanningen hebt.

Je kan trouwens heel eenvoudig zelf een batterij maken. Je hebt een zure vloeistof nodig die we de **elektrolyt** noemen. Je neemt bijvoorbeeld een citroen. Daar steek je twee metalen staafjes in, die we de **elektroden** noemen. Het ene staafje moet wel van een ander metaal zijn dan het andere staafje. Als je dan op de staafjes een eenvoudig lampje aansluit, bijvoorbeeld een LED-lampje, dan heb je kans dat dat lampje gaat branden.

EXTRA

Een batterij duwt de elektronen altijd dezelfde kant op. Er zijn ook spanningsbronnen die de richting van de stroom steeds omkeren, zoals een generator of een dynamo. Zo'n spanning die steeds van richting verandert noemen we een **wisselspanning**. Op het stopcontact in Sint Maarten staat bijvoorbeeld een wisselspanning van 110 volt.

Werkblad 2 Spanningsbronnen

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: De leraar geeft uitleg over theoriedeel 2.

De leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.

Verlengd klassikaal: de leraar geeft aanvullende uitleg over de extra stof (havo).

Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

L
e
e
r
d
o
e
l
e
n

Aan het eind van de les kun je:

- vertellen welke spanningsbronnen er zijn
- uitleggen waarom een spanningsbron nodig is
- uitleggen wat er gebeurt als je meerdere spanningsbronnen tegelijk gebruikt
- uitleggen waarom de benodigde spanning per apparaat kan verschillen.
 - uitleggen hoe je zelf een batterij maakt (leuk om thuis te doen)

Extra:

- uitleggen wat het verschil is tussen gelijkstroom en wisselstroom

Opdracht 1: wat doet een spanningsbron?

Een spanningsbron zorgt dus voor spanning, stroom en energie. De spanning die de bron levert is meestal vast, maar soms regelbaar met een knop. De stroomsterkte hangt af van de apparaten die op de bron zijn aangesloten. Als er niets aangesloten is loopt er ook geen stroom. En als er geen stroom loopt, dan levert de spanningsbron dus ook geen energie!!

a. *Waarom noemen we een batterij een spanningsbron, en niet een stroombron of een energiebron?*

Hij is zo gemaakt dat hij een vaste spanning levert. Of hij ook stroom of energie levert hangt er van af wat je aansluit.

b. *Vul het onderstaande schema in:*

Grootheid	Symbol	Betekenis in je eigen woorden	Eenheid	Symbol
Spanning	U	De spanning die je over een apparaat aansluit.	volt	V
Stroom	I	Een maat voor het aantal elektronen dat per seconde stroomt.	Ampère	A
Energie	E	De energie die door de bron geleverd wordt aan het apparaat	Joule	J

Opdracht 2: Batterij en accu



De stoffen in de batterij of de accu “reageren” met elkaar en daardoor wordt elektrische energie geleverd. Een accu kan opnieuw opgeladen worden, net als een oplaadbare batterij. Batterijen zijn er in soorten en maten. Staafbatterijen hebben een spanning van 1,5 volt, oplaadbare penlights meestal 1,2 volt. De platte batterijen die 4,5 volt leveren bestaan uit drie staafbatterijen.

a. Waarom noemen we batterijen ook wel chemische spanningsbronnen?

Omdat processen waarbij stoffen met elkaar reageren ook wel chemische processen genoemd worden.

b. Waarom zijn oplaadbare batterijen beter voor het milieu dan normale batterijen?

Je krijgt minder afval omdat je de batterij vaker gebruikt.

In het onderstaande schema zie je enkele batterijen en accu's. De meest gebruikte batterij, de alkaline penlight, heeft een spanning van 1,5 volt, de oplaadbare versie daarvan een spanning van 1,2 volt.

Voltage (V)	6	3	1.5	1.5	1,5	1,2
Elektrochemisch systeem	Lithium	Lithium	Alkaline	Alkaline	Alkaline	Nikkel Metaal Hydride
Type	Foto-batterij	Foto-batterij	AA	AAA	D	Oplaadbaar
Voltage (V)	3	3	1.5	12	14,8	6
Elektrochemisch systeem	Lithium	Lithium	Alkaline	Lood-zuur	Lithium ion (Li-ion)	Nikkel Metaal Hydride
Type	Knoop	Knoop	Horloge	Auto-accu	Notebook-accu	GSM-accu

- c. Een enkele Lithium batterij levert altijd een spanning van 3 volt. De eerste batterij in het overzicht is een Lithiumbatterij die een spanning van 6 volt levert. Hoe kan dat?

In één pakje zitten twee batterijen in serie.

- d. De GSM-accu bestaat uit een aantal NiMH-cellen die achter elkaar geplaatst zijn. Hoeveel NiMH-cellen zijn er achter elkaar geplaatst?

5 want $5 \times 1,2 = 6 \text{ V}$

- e. De dikke staafbatterij, type D, is ook een alkaline-batterij net als de AA en de AAA-batterij. Alle batterijen leveren een spanning van 1,5 volt. Wat is het verschil tussen deze drie batterijen?

Hoe dikker, hoe meer energie hij kan leveren

- f. Welke batterij zal duurder zijn, een AA-batterij of een AAA-batterij?

Een AA, want daar zijn meer grondstoffen voor nodig.

Opdracht 3: Spanning, stroom en energie uit een batterij

Op elke batterij staat een spanning aangegeven. Als je een apparaat aansluit moet je natuurlijk wel de spanning gebruiken die bij dat apparaat past, anders zou het apparaat wel eens stuk kunnen gaan.

- a. Wat gebeurt er als je een zaklantaarnlampje (daarop staat 4,5 volt) aansluit op een penlight van 1,5 volt? Leg uit.

Je krijgt een heel zwak lichtje

- b. Wat gebeurt er als je een zaklantaarnlampje (daarop staat 4,5 volt) aansluit op een auto-accu van 12 volt? Leg uit.

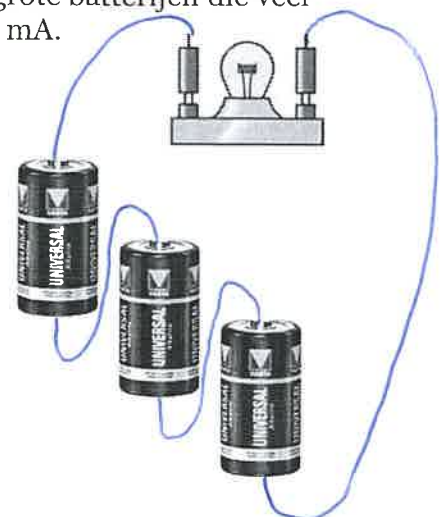
Dan brandt het lampje door.

Een batterij moet niet alleen de juiste spanning leveren, er moet ook voldoende energie geleverd worden om het apparaat te laten werken. Een ouderwetse zaklantaarn werkt op drie D-type batterijen die achter elkaar geschakeld zijn. Dat zijn grote batterijen die veel energie kunnen leveren. De stroomsterkte door het lampje is 750 mA.

- c. Hoe zijn de batterijen en het lampje met elkaar verbonden?
Tekende verbindingsdraden.

- d. Op welke spanning werkt het lampje?

4,5 Volt.



e. Wat zal er gebeuren als je drie horloge-batterijen van 1,5 volt gebruikt om het lampje te laten branden?

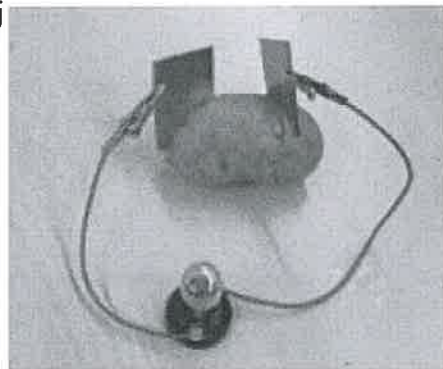
Dan zijn de batterijen snel "leeg"

f. Denk eens goed na: hoeveel stroom loopt er door één batterij?

750 mA

Opdracht 4: zelfgemaakte batterij.

In het plaatje hieronder zie je een zelfgemaakte batterij die echt werkt. Het kan ook met een citroen of een appel.



a. Wat zijn hier de elektroden?

De twee metalen plaatjes.

b. Wat is de elektrolyt?

De natte aardappel.

Opdracht 5: Welke spanning krijg je?

Welke spanning krijg je tussen de punten A en B als je vier batterijen aansluit volgens onderstaande tekeningen? Elke batterij heeft een spanning van 1,5 V.

a. Schrijf bij elk plaatje de spanning tussen A en B



opdracht 6: meer vragen over spanningsbronnen

a. Geef 3 voorbeelden van spanningsbronnen.

batterij
voedingkast
fretsdynamo

b. Een stopcontact is eigenlijk geen spanningsbron, wat is dan wel de spanningsbron?

Dat is de elektriciteits centrale die de elektrische energie levert.

c. Als je op een stukje aluminiumfolie bijt met een gevulde kies voel je een spanning. Leg uit hoe dit kan.

De gevulde kies bevat metaal. Het aluminium is een metaal. Dat zijn twee elektroden, jouw speeksel is een elektrolyt. Dus heb je een batterij.

d. Soms zeggen we een batterij is leeg of vol. Wat bedoelen we daarmee?

Dat hij geen energie meer kan leveren (leeg)
Dat hij nog een maximum aan energie kan leveren (vol)

e. Wat heb je altijd nodig om een chemische spanningsbron te maken?

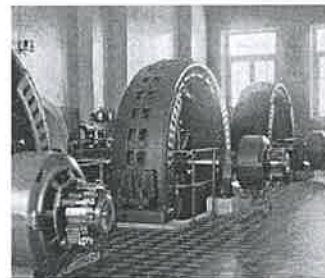
Twee elektroden en een elektrolyt.

f. Waarom kan je voor je muzikspeler beter gebruik maken van oplaadbare batterijen?

Anders moet je steeds nieuwe batterijen kopen.

Extra Opdracht A: wisselspanning bij dynamo's en generatoren

In een dynamo wordt energie van de beweging omgezet in elektrische energie. Een grote dynamo noemen we een generator, en die vinden we in elektriciteitscentrales en windmolens.



Generatoren uit het begin van de 20^e eeuw

- a. Alle dynamo's en generatoren werken volgens hetzelfde principe. Welke twee voorwerpen zorgen er in de dynamo voor dat er een spanning opgewekt wordt?

Een spoel en een magneet.

- b. Een dynamo is een spanningsbron, maar de spanning is niet altijd constant. Hoe kun je de spanning van de dynamo veranderen?

Door de dynamo sneller te laten draaien.

Een batterij levert gelijkspanning. Daarmee bedoelen we dat bij een batterij de + en - aansluitingen vastliggen. De elektronen stromen dus steeds in dezelfde richting. Een dynamo levert wisselspanning. Bij wisselspanning worden de + en de - aansluiting steeds verwisseld. Vaak - zoals bij de spanning in huis - wel vijftig keren per seconde.



Een aggegraat bestaat uit een dieselmotor en een generator. Daarmee kun je op elke plek elektriciteit opwekken.

- c. Wat kun je zeggen over de richting waarin de elektronen bewegen bij de fietsverlichting?

Vroeger: \vec{v} wisselt steeds van richting.

- d. Kan een lampje wel branden op wisselstroom? Leg uit.

Zeker wel. De stroom kan van beide kanten komen.

Het stopcontact levert een wisselspanning. Voor veel apparaten is deze wisselspanning zeer geschikt, maar bijvoorbeeld elektronische apparaten werken op een gelijkspanning, die bovendien veel lager is dan de netspanning. Een adapter vormt de wisselspanning om in een gelijkspanning. Op het typeplaatje van een adapter (zie het plaatje hieronder) vind je informatie over spanning en stroomsterkte.



- e. Wat is het symbool van wisselspanning? En van gelijkspanning?

\sim wissel
 $=$ gelijk.

- f. Hoeveel volt levert deze adapter?

9 V

- g. Hoe groot is de maximale stroomsterkte die de adapter kan leveren?

1000 mA

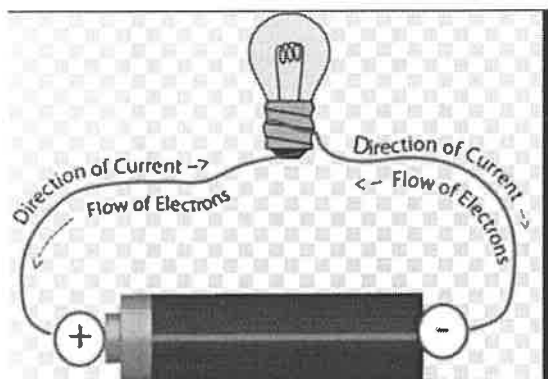
Bij gelijkspanning is het ook belangrijk om te weten welk aansluitpunt + is, en welke -. De aansluitplug heeft een binnen- en een buitenkant. Kijk hiervoor goed op het typeplaatje

- h. Is de buitenkant van de plug positief of negatief?

negatief.

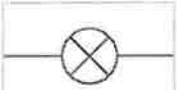
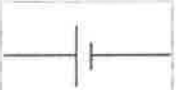
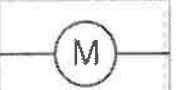
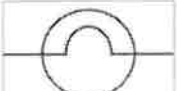
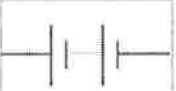


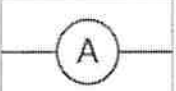
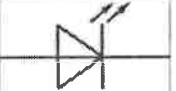
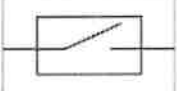
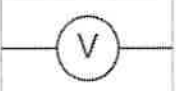
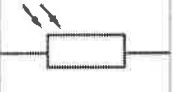

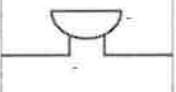

Theoriedeel 3: schakelingen

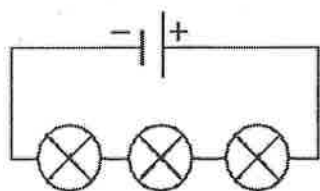
Als je elektrische **onderdelen** aan elkaar vastmaakt met snoeren dan spreken we over een **schakeling**. In een schakeling zitten soms wel honderd onderdelen. Als je die allemaal moet gaan tekenen zoals in de onderstaande tekening, dan ben je wel even bezig.



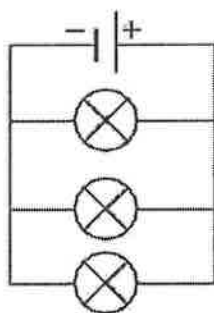
Vandaar dat mensen **symbolen** hebben bedacht. Elk soort onderdeel, zoals een lamp, heeft een eigen symbool. Je ziet een aantal van zulke symbolen op het plaatje hiernaast. Daarmee kan je een schakeling als een overzichtelijk **schema** tekenen.

Electrical Symbols

		
Bulb	Cell - 1 battery	Motor
		
Bulb	Battery (2 cells)	Variable Resistor
		
Switch	Ammeter	Light Emitting Diode (LED)
		
Reed Switch	Voltmeter	Light Dependent Resistor (LDR)
		
Wire	Buzzer	TIS GROEP



Serie schakeling



Parallel schakeling

In een schakeling maakt het een groot verschil of je onderdelen achter elkaar of naast elkaar aansluit. Als je ze achter elkaar aansluit, dan spreek je van een **serie** schakeling en als je ze naast elkaar aansluit dan heb je een **parallel** schakeling. In het plaatje zie je duidelijk de verschillen. Zo'n schakeling tekenen lijkt heel eenvoudig, maar je moet er best even voor oefenen. Vandaar dat er in het werkblad een aantal oefeningen zitten waarmee je dat kunt leren.

Het interessante aan een serieschakeling is dat de stroom overal hetzelfde is. De elektronen kunnen immers maar één route volgen. Ze moeten door alle lampen heen en kunnen niet zomaar ergens uit de schakeling ontsnappen. Bij een parallelschakeling is dat anders. Daar kan de stroom zich over de lampjes verdelen. Alle elektronen die van de batterij komen verdelen zich over de drie lampjes. Maar bij een parallelschakeling is de spanning over elk lampje wel gelijk. Je kan de eigenschappen voor parallel en serie als volgt samenvatten:

- Serieschakeling: de spanning verdeelt zich over de lampjes, de stroomsterkte is door elk lampje gelijk.
- Parallelschakeling: de stroom verdeelt zich over de lampjes en de spanning is over elk lampje gelijk.

Werkblad 3 schakelingen

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: De leraar geeft uitleg over basisstof van paragraaf 3 van hoofdstuk 5. De hele klas kan daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten. Daar zitten weer proeven bij (E8, E9 en E10)

Verlengd klassikaal: omdat er proeven worden gedaan is er geen verlengde uitleg. Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- uitleggen wat het verschil is tussen parallel en serie schakelingen
 - zelf parallel en serie schakelingen maken
- uitleggen wat er met de stroom gebeurt in een parallel schakeling
- uitleggen wat er met de spanning gebeurt in een serieschakeling.

L
e
e
r
d
o
e
l
e
n

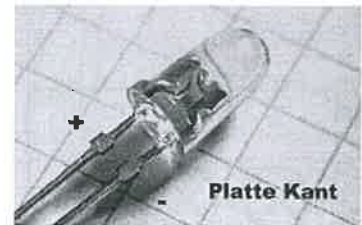
Opdracht 1: werken met symbolen

Voor het tekenen van schakelingen gebruiken we een schakelschema, met symbolen voor de verschillende onderdelen. In het theorie-deel vind je de verschillende symbolen.

a. Wat is het symbool voor een batterij?



b. Kun je het symbool voor de netspanning/ het stopcontact op internet vinden? (staat niet in het theorie-deel)

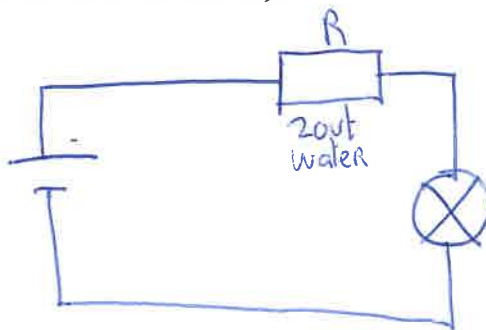


Een LED-lampje

c. Wat is het symbool voor een LED-lampje?



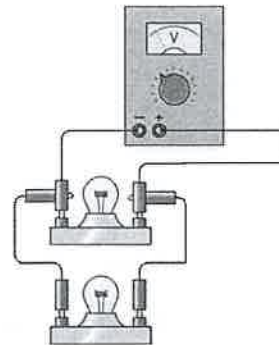
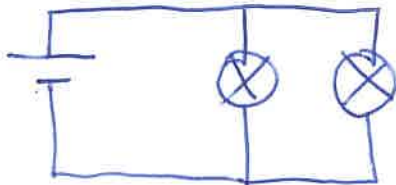
d. Teken het schema van de schakeling van het onderzoek met zout water (zie opdracht 3 van werkblad 1 in deze bundel).



Opdracht 2 (onderzoek E8): Meerdere lampjes laten branden

De normale manier om twee lampjes aan te sluiten op een spanningsbron is hiernaast getekend. Zo'n schakeling noemen we een parallelschakeling.

a. Teken het schema van deze parallelschakeling.



Zet je voedingskastje uit. Bouw de schakeling zoals in de tekening. Sluit een ampèremeter aan die de stroom meet die uit de pluspool van het spanningskastje komt.

b. Laat je schakeling nu controleren door je docent.

Zet je voedingskastje aan. Zet de spanning op 0 volt. Draai langzaam de spanning op totdat de lampjes normaal branden.

c. Welke spanning heb je nodig om de lampjes normaal te laten branden?

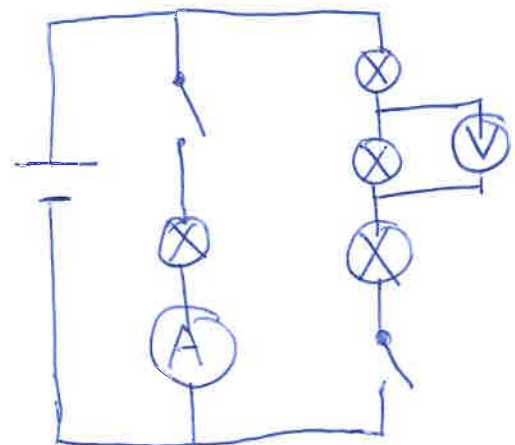
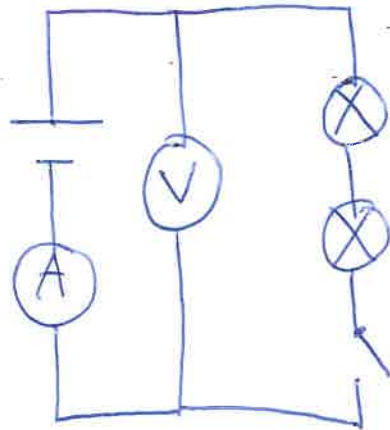
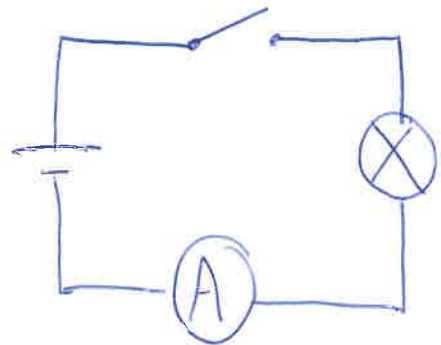
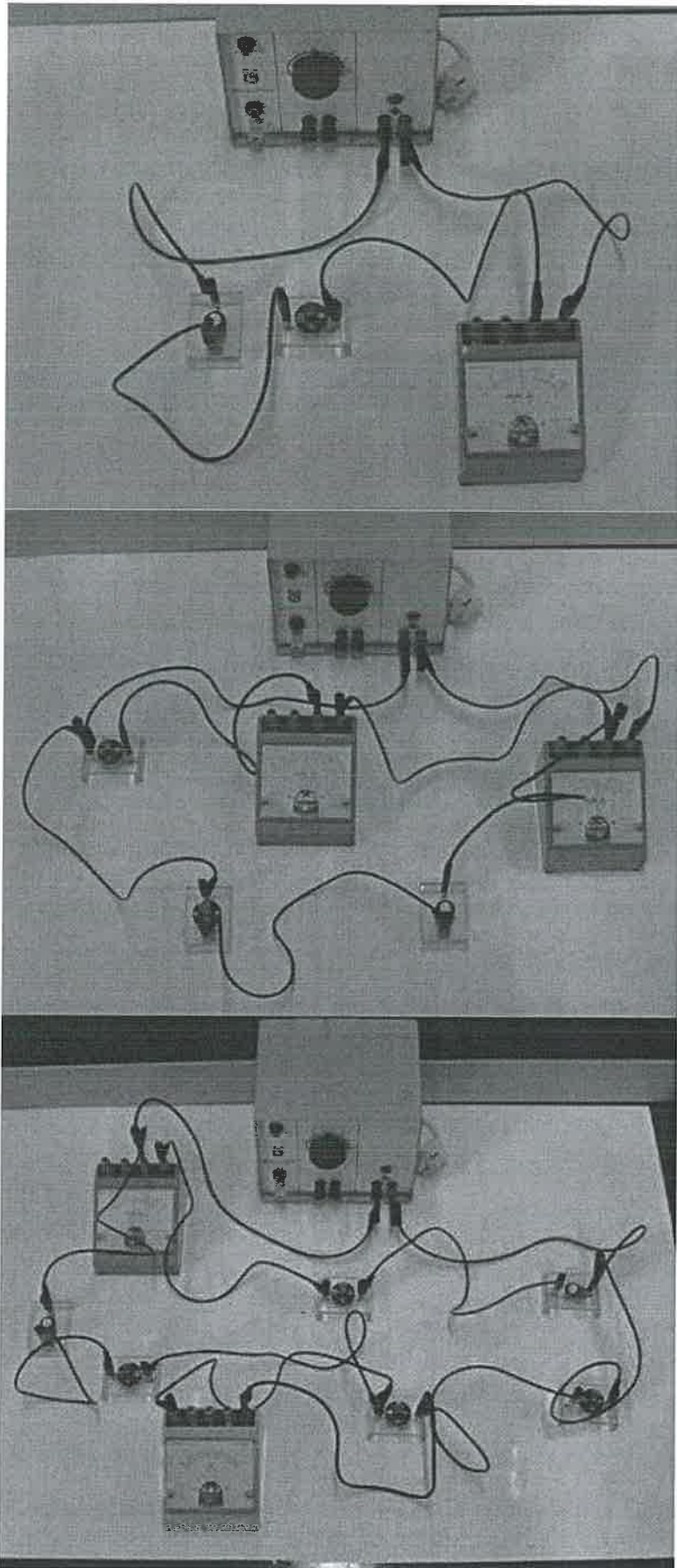
d. Hoe groot is nu de stroomsterkte?

e. Wat gebeurt er als je één lampje los draait uit de fitting?

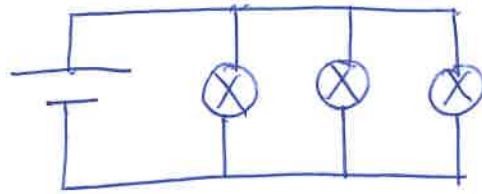
f. Leg uit waarom de stroomsterkte bij twee lampjes groter is dan bij één lampje.

Opdracht 3: zelf schema's tekenen.

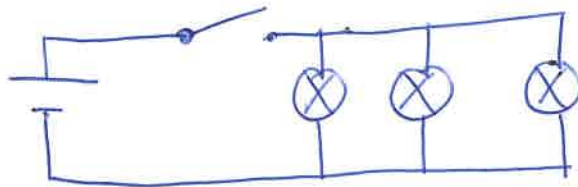
a. Hieronder zie je een aantal foto's van schakelingen. Teken zelf het schema ernaast.



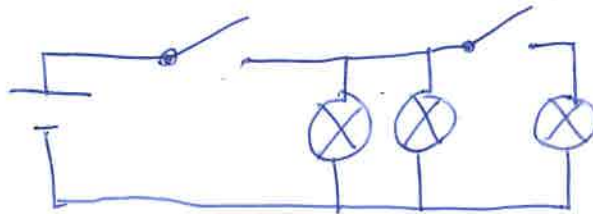
b. Teken een schema waarin 3 lampen parallel zijn aangesloten op een batterij.



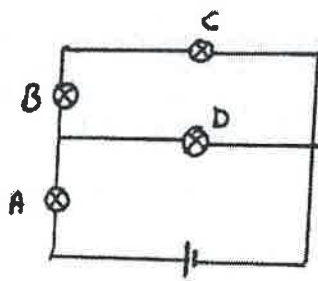
c. Teken een schema met daarin 3 lampen en één schakelaar. Het is de bedoeling dat je met de schakelaar alle lampen in één keer uit kan doen. De drie lampen moeten parallel geschakeld zijn.



d. Teken een schema met daarin 3 lampen en twee schakelaars. Het is de bedoeling dat je met de ene schakelaar alle lampen in één keer uit kan doen en met de andere schakelaar één lamp aan en uit kan doen. De lampen moeten weer parallel geschakeld zijn.



e. Je ziet hieronder een schakelschema met daarin 4 lampjes. Welk lampje kan ik losdraaien zonder dat de andere 3 uit gaan? Leg uit.

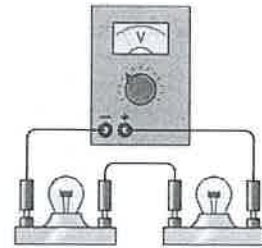
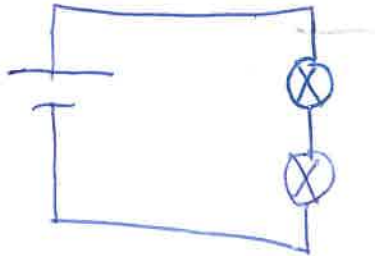


Alleen lampje D.
Dan blijft de stroomkring
van lampjes A, B, C bestaan.

Opdracht 4 (Onderzoek E9): twee lampjes in serie aansluiten

Een andere schakeling is een serieschakeling. Hierbij worden de lampjes achter elkaar geschakeld. In de tekening hiernaast zie je een serieschakeling van twee lampjes.

a. Teken het schakelschema.



Bouw de schakeling zoals in de tekening. Sluit indien nodig een voltmeter aan. Sluit ook een ampèremeter aan die de stroom door de lampjes meet. Zet de spanning op 0 volt. Laat nu je schakeling controleren. Zet de spanning op 12 V, dan branden de lampjes normaal.

- Draai de lampjes uit de fitting, kijk op de lampjes, welke spanning hebben ze ieder nodig om normaal te branden?
- Welke spanning heb je nodig om de lampjes in deze schakeling normaal te laten branden?
- Hoe groot is nu de stroomsterkte?
- Hoeveel volt staat er nu over één lampje?
- Wat gebeurt er als je één lampje losdraait uit de fitting?
- Brandt het lampje waar de stroom het eerst doorheen gaat feller dan het tweede lampje? Leg uit waarom wel/niet.

Bij een serieschakeling heb je dus een grotere spanning nodig. Het verschil is dat de batterij nu de stroom door twee lampjes achter elkaar moet duwen.

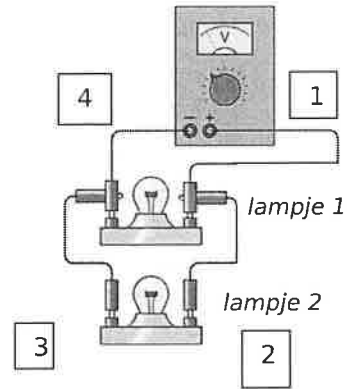
h. Leg uit waarom nu de spanning groter moet zijn dan bij één lampje, terwijl de stroomsterkte hetzelfde is als bij één lampje.

De spanning verdeelt zich over de lampjes, dus heb je bij 2 lampjes ook 2 keer zo veel spanning nodig.

Opdracht 5 (Onderzoek E10): Stroomsterkte meten

Bouw de parallelschakeling zoals in de tekening. Sluit een ampèremeter aan zodat je de stroom door draadje 1 kunt meten. Laat je schakeling controleren zet daarna je voedingskastje aan. Draai langzaam de spanning op tot 6V, dan branden de lampjes normaal. Meet vervolgens ook voor draadje 2 t/m 4 de stroom door de draadjes.

- Hoe groot is de stroomsterkte door draadje 1?
- Hoe groot is de stroomsterkte door draadje 2?
- Hoe groot is de stroomsterkte door draadje 3?
- Hoe groot is de stroomsterkte door draadje 4?
- Hoeveel volt staat er nu over één lampje? Vergelijk dit met wat je hebt gemeten in opdracht 4.



Beantwoord nu onderstaande vragen:

- Hoe groot is de stroomsterkte door lampje 2?
- Hoe groot is de stroomsterkte uit de spanningsbron?
- Wat verandert er als je lampje 1 losdraait uit de fitting?

Extra opgave A: Fietslampjes

Op een fietsdynamo die een spanning van 6 volt levert, zijn twee verschillende lampjes aangesloten. De koplamp brandt veel feller dan het achterlicht.

Op het eerste lampje staat: 6,0 V en 50 mA

Op het tweede lampje staat: 6,0 V en 0,5 A



Fietsverlichting uit 1939

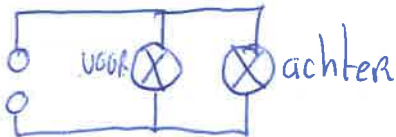
a. Welk lampje is bedoeld voor de koplamp? Hoe weet je dat?

Het tweede lampje. Dat geeft meer licht dus er loopt meer stroom

b. Zijn de lampjes van de fiets parallel of in serie geschakeld? Hoe weet je dat?

Parallel. Als het achterlicht uitvalt brandt het voorlicht verder.

c. Teken het schakelschema. Een dynamo is een wisselspanningsbron, het symbool is hetzelfde als van een stopcontact.



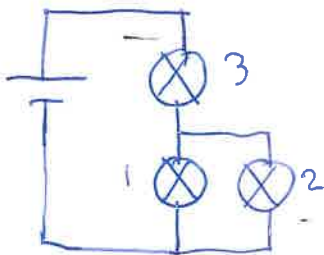
d. Hoe groot is de stroomsterkte die de dynamo levert als beide lampjes branden? Leg uit.

$$I_{\text{voor}} + I_{\text{achter}} = 500 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 550 \text{ mA}$$

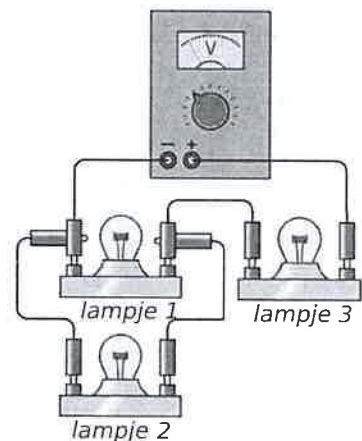
Extra opgave B: Combinatieschakeling

in de tekening zie je een combinatieschakeling. Lampje 1 en 2 zijn parallel geschakeld, en lampje 3 is daarmee in serie geschakeld. De drie lampjes zijn identieke koplampjes (6 volt; 0,5 ampère).

a. Teken hieronder het bijbehorende schakelschema:



b. Teken hoe de stroom door de schakeling loopt. Geef ook duidelijk de plek aan waar de stroom gesplitst wordt.



De spanning van het voedingskastje wordt opgedraaid totdat één lampje normaal brandt.

c. Leg uit waarom lampje 3 dan feller brandt dan lampje 1 en 2.

De stroom verdeelt zich over 1 en 2.

d. Waarom branden lampje 1 en 2 even fel?

Omdat ze elk even veel stroom voeren en dezelfde spanning hebben

e. Leg uit dat de spanningsbron nu meer dan 6 volt spanning moet leveren.

De spanning verdeelt zich over lamp 3 en de lampen 1 en 2

f. Wat zal er veranderen als je de + en de - aansluiting verwisselt?

Niets

Extra opdracht C: Kerstverlichting

In de kerstverlichting van een kerstboom zijn de lampjes in serie geschakeld. Op de doos staat dat de spanning van elk afzonderlijk lampje 4,6 V moet zijn om optimaal te branden.

a. Hoeveel lampjes zitten er dan in de doos?

Bij 110 V zijn dat $110/4,6 = 24$ lampjes.

b. Als er een lampje stuk gaat blijven meestal de andere lampjes toch branden. Leg uit hoe dit dan werkt.

Zo'n lampje heeft een "brugje", dat maakt een verbinding als het lampje zelf stuk is.

Theoriedeel 4: energie en vermogen

Energie heeft bijna altijd met beweging te maken. Wellicht heb je in een ander thema-boekje al gelezen over warmte. Daar leerde je dat als je de temperatuur van een stof verhoogt, dat de moleculen van die stof dan meer en sneller gaan bewegen.

Elektronen bewegen ook. Soms bewegen ze veel en soms weinig. Voordat ze bij een apparaat aankomen bewegen ze meer dan daarna. Ze hebben dus energie achtergelaten in het apparaat. Elektrische energie heeft dus te maken met de stroomsterkte door het apparaat, want bij stroomsterkte gaat het om het aantal elektronen per seconde. Maar het heeft ook met de spanning te maken waar het apparaat op werkt want die spanning bepaalt hoeveel energie elk elektron bij zich heeft.

Je kan het ook zo bekijken dat de spanning een soort kracht is en als de stroom met meer kracht door het apparaat geduwd wordt dan levert dat meer energie op. Vergelijk dat met als jij zelf een auto moet aanduwen. Als je hard moet duwen, dan word je sneller moe.

Apparaten die veel energie gebruiken hebben een groot **vermogen**. Het vermogen geeft aan hoeveel **energie** het apparaat **per uur** gebruikt. Voor het totale energiegebruik is het natuurlijk ook belangrijk hoe lang het apparaat gebruikt wordt.

De totale hoeveelheid elektrische energie wordt gemeten in **kilowattuur (kWh)**. Dat is natuurlijk een vreemde eenheid, maar dat is in het verleden zo gegroeid omdat de elektriciteitsbedrijven die eenheid gingen gebruiken. Sommige mensen denken dat hiermee kilowatt per uur bedoeld wordt, maar dat klopt niet.

Er geldt: $\text{kilowattuur} = \text{kilowatt} * \text{uur}$

[Voor wie het nog niet gewend is, het **sterretje** * wordt vaak als keer-teken gebruikt]

Dat is eigenlijk wel logisch, want het aantal kilowatt is het vermogen van het apparaat. Dus hoeveel het apparaat per uur gebruikt. Daarnaast telt dus nog hoeveel uur het apparaat aan heeft gestaan. Als een apparaat van 2,5 kW bijvoorbeeld 10 uur aanstaat dan heeft het 25 kWh verbruikt.

De formule is: $\text{energieverbruik (kWh)} = \text{vermogen (kW)} * \text{tijd (uur)}$

In symbolen: $E = P * t$

EXTRA:

Als je niet weet wat het vermogen van een apparaat is, kun je dat ook uitrekenen als je weet wat de spanning is waarop het apparaat werkt en welke stroom er door het apparaat loopt. Je kan het vermogen dan als volgt uitrekenen:

De formule is: $\text{Vermogen (in W)} = \text{Spanning (in V)} * \text{Stroomsterkte (in A)}$.

In symbolen: $P = U * I$

Het is eigenlijk heel bijzonder dat deze formule werkt. Je hebt het over triljoenen elektronen die zich op een warrige manier door draden en apparaten bewegen en je kunt het resultaat van al die activiteit uitrekenen met een super-eenvoudige formule.

Werkblad 4: Elektrische energie

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: De leraar geeft uitleg over theorie deel 4.

Alle leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.

Verlengd klassikaal: Eventueel volgt uitleg over het berekenen van vermogen (havo).

Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- uitleggen wat vermogen is
- uitleggen wat het verband is tussen vermogen en energie
 - het verschil benoemen tussen spanning en stroom
- uitrekenen hoeveel energie een apparaat gebruikt en wat dat kost

Extra:

- het vermogen bepalen als je stroomsterkte en spanning weet

Opdracht 1: vermogen

Hiernaast zie je een plaatje van een boormachine

a. Hoe groot is het vermogen van deze boormachine van Scintilla, uitgedrukt in kW?

0,6

b. Hoeveel energie (in kWh) verbruikt dit apparaat als het een kwartier aan staat?

$$E = P \times t = 0,6 \times 0,25 = 0,15 \text{ kWh}$$



Opdracht 2: rekenen aan vermogen en energie

Deze ouderwetse kleuren-TV heeft een vermogen van 90 watt. Neem aan dat de TV elke dag 6 uur gebruikt wordt en dat hij de rest van de tijd op stand-by staat.

a. Hoeveel kWh verbruikt de TV per dag? En per jaar?

$$E = P \times t = 0,09 \times 6 = 0,54 \text{ kWh} \Rightarrow 197 \text{ kWh per jaar}$$

Als de TV op stand-by staat is het vermogen 3 watt.

b. Hoeveel kWh verbruikt de TV dan in totaal per jaar?

$$\text{Standby verbruik: } E = P \times t = 0,003 \times 18 \times 365 = 19,7 \text{ kWh}$$
$$\text{totaal verbruik: } 197 + 19,7 = 216,7 \text{ kWh}$$



Een grote plasma-tv verbruikt meer energie dan de TV van hierboven. Het vermogen bedraagt 350 watt, en 8 watt in stand-by. We gaan er weer van uit dat de TV 6 uur per dag aan staat en de rest van de tijd in stand-by staat.



c. Hoeveel kWh verbruikt een plasma-TV per jaar?

aan: $E = P \times t = 0,35 \times 6 \times 365 = 766,5 \text{ kWh}$
 stand-by: $E = P \times t = 0,008 \times 18 \times 365 = 52,56 \text{ kWh}$
 totaal $\underline{819,06 \text{ kWh}}$

Een kWh kost ongeveer € 0,15.

d. Hoeveel kost een plasma-TV per jaar meer dan de TV hierboven?

gewone TV € 32,51
 plasma TV € 122,86 -
 verschil $\underline{90,35}$

Opdracht 3: welk apparaat gebruikt nu de meeste energie?

Om het energieverbruik van een apparaat per jaar te bepalen heb je het vermogen nodig, en het aantal uren dat het apparaat ingeschakeld is. Hieronder zie je een voorbeeld van een energiewijzer (van een flink aantal jaren geleden), met bij elk apparaat het gemiddeld energieverbruik per jaar.

Koelkast	500 kWh per jaar	Raanventilator	150 kWh per jaar
Diepvriezer	900 - - -	Verlichting	450 - - -
Wasautomaat	500 - - -	Radio	60 - - -
Centrifuge	20 - - -	TV zwart-wit	200 - - -
Trommeldroger	700 - - -	TV kleur	400 - - -
Afwasmaschine	900 - - -	CV-pomp	420 - - -
Elektrische kookplaat	850 - - -	Boiler	1750 - - -
Grill	200 - - -	Stofzuiger	60 - - -
Koffiezetapparaat	110 - - -	Strijkijzer	100 - - -
Wasemkap	150 - - -		

Een stofzuiger verbruikt 60 kWh per jaar. Neem aan dat de stofzuiger een vermogen heeft van 1000 W.

a. Hoeveel uur wordt er dan per week gebruik gemaakt van de stofzuiger?

$E = P \times t = 1000 \text{ W} \times t = 1 \text{ kW} \times t = 60 \text{ kWh}$ (aflezen uit tabel).
 dus $t = E/P = 60 \text{ uur per jaar}$ dus 1,15 uur per week

Bij de technische gegevens van een vaatwasmachine staat: max. vermogen 2200 watt, verbruik per wasbeurt: 1,05 kWh.

b. Een wasbeurt duurt ruim twee uur, toch is het energieverbruik 1,05 kWh. Hoe kan dat?

De wasmachine verbruikt niet steeds het maximale vermogen.

Apparaat	Verbruik in kWh/jaar
Koelkast	456
Diepvriezer (los)	386
Wasmachine	261
Wasdroger	626
Afwasmachine	329
Grill (in oven)	27
Koffiezetapparaat	82
Afzuigkap	14
Airco	657
Radio	15
TV	146
Plasma-TV	541
Keuken-boiler	731
Stofzuiger	59
Strijkijzer	26
Elektrische oven	59
Espressomachine	16
Magnetron	49
Inductie koken	552
PC (compleet)	62
Geluidsinstallatie	44
DVD-speler	6
Videorecorder	7
Stand-by video	101
Stand-by TV	16
Stand-by geluis	19
Draadloze telefoon	26
Verlichting	411
Spaarlampen	114
Aquarium	351
Alarminstallatie	70
Wekkerradio	35

In de tabel hiernaast zie je meer recente gegevens van het gemiddeld energieverbruik van verschillende huishoudelijke apparaten.

c. Het verbruik van een afwasmachine is veel lager dan in de oude tabel. Hoe kan dat?

Moderne apparaten werken vaak efficiënter.

Ook het verbruik van een strijkijzer is veel lager dan vroeger. Toch zijn strijkijzers niet zuiniger geworden (alle energie wordt immers omgezet in warmte).

d. Waardoor is het gemiddeld energieverbruik van strijkijzers zoveel lager geworden?

Mensen strijken minder.

e. Een wekkerradio verbruikt 35 kWh per jaar. Wat is het vermogen van de wekkerradio?

$$E = P \times t \text{ dus } \dots$$

$$\dots P = \frac{E}{t} = \frac{35}{365 \times 24} = 4 \text{ mW}$$

Kruis alle apparaten aan die jullie thuis gebruiken.

f. Hoeveel kWh verbruiken die apparaten bij elkaar per jaar?

voor eigen rekening.

Opdracht 4: kosten van energie

Een staafbatterij in kwartsklokken (een normale AA-alkaline-batterij) kost slechts 60 eurocent. Is dat goedkope energie? We gaan het vergelijken met het lichtnet.



De kwartsklok kan op de batterij 1 jaar werken. Het vermogen van de kwartsklok is slechts 0,00045 W.

a. Hoeveel kWh verbruikt de kwartsklok in een jaar?

$$E = P \times t = 0,00045 \text{ W} \times 365 \times 24 = 0,0000045 \text{ kW} \times 365 \times 24 = 3,9 \text{ Wh} = 0,0039 \text{ kWh.}$$

dis geen kWh maar Wh.

b. Is de energie uit de batterij veel duurder dan energie uit het lichtnet? Hoeveel keer zo duur (ga er van uit dat 1 kWh 25 cent kost)?

$$\text{Lichtnet: } 0,0039 \times 25 \text{ cent} = 0,098 \text{ cent.}$$

Een batterij van 60 cent is dus $\frac{60}{0,098} = 612$ keer zo duur!

De prijs voor 1 kWh = € 0,25. In de zomer wordt het in de slaapmaker van groenteverkoper Keshau goed warm. Hij gebruikt daarom een **airco**. Deze airco heeft een vermogen van 200W. Keshau gaat elke dag om 23.00 uur naar bed (dan zet hij de airco aan) en staat om 6.00 uur op en trekt dan de stekker uit het stopcontact. Deze zomer heeft hij de airco 150 nachten aan gehad.

c. Hoeveel heeft het Keshau gekost?

$$t = 150 \times 7 = 1050 \text{ uur.} \Rightarrow E = P \times t = 1050 \times 0,2 = 210 \text{ kWh.}$$
$$P = 0,2 \text{ kW}$$

kosten: $210 \times 0,25 = € 52,50$

Je gebruikt een **koffiezetapparaat** 4 x per dag. Op het type plaatje staat 230 V – 460 W. Een keer koffie zetten duurt 15 minuten.

d. Hoeveel energie verbruikt dit koffiezetapparaat in een jaar?

$$P = 460 \text{ W} = 0,46 \text{ kW}$$
$$t = 4 \times 0,25 \times 365 = 365 \text{ uur.} \quad E = P \times t = 0,46 \times 365 = 168 \text{ kWh}$$

Opdracht 5: tabel aanvullen

Vul de tabel hieronder verder in: De prijs voor 1 kWh = € 0,25.

vermogen	tijd	Aantal kWh	prijs
200 W	6 uur	1200 kWh	€ 300,-
900 W	20 minuten	18 kWh.	€ 4,50
3,4 kW	0,24 uur	0,8 kWh	€ 0,20
40 W	600 uur	24 kWh	€ 6,00
10,8 kW	25 minuten	4,5 kWh	€ 1,13
2,5 kW	20 uur	50 kWh	12,50
50 W	52,8 uur	2,64 kWh	0,66

Extra opgave A: verklaren van elektrische verschijnselen

Alles om je heen is opgebouwd uit slechts drie soorten deeltjes. In dit themaboekje is al gesproken over elektronen en atoomkernen. Zo'n atoomkern bestaat echter ook weer uit twee verschillende deeltjes, namelijk protonen (die geladen zijn) en neutronen (die niet geladen zijn). Samengevat:

- protonen + lading
- neutronen geen lading
- elektronen - lading

Die drie deeltjes zijn zo klein dat nog nooit iemand een proton, een neutron of een elektron heeft kunnen zien. We stellen ze dan ook voor als een klein bolletje, maar niemand weet het precies. Het proton en het neutron zijn zó klein dat je op een miljoenste millimeter wel 1 miljoen protonen op een rijtje kunt leggen.



De elektrische kracht aan het werk: bij statisch haar werkt een afstotende kracht

a. Hoeveel protonen passen er dan op een millimeter?

$$1000 \text{ miljard} = 1 \times 10^{12} = 1000.000.000.000$$

Protonen en neutronen zijn ongeveer even zwaar. Een proton is ongeveer 2000 keer zo zwaar als een elektron. Het zijn daarom meestal ook de elektronen die snel kunnen bewegen. Bij een bliksem en in de TL-buis botsen die bewegende elektronen tegen de luchtdeeltjes, en daarbij komt het blauw-paarse licht en de UV-straling vrij.

b. Waarom bewegen de positief geladen deeltjes in de lucht veel minder snel dan de elektronen?

Ze zijn zwaarder en daarom is er meer energie nodig om ze in beweging te krijgen.

In het algemeen zijn er in elk voorwerp evenveel + als - deeltjes. De ladingen heffen elkaar op en je merkt daardoor niets van de lading. Als dat niet het geval is kun je een schok krijgen als je het voorwerp aanraakt. De geladen deeltjes stromen dan via je hand weg.

c. De meeste voorwerpen zijn elektrisch neutraal. Leg uit dat dat niet betekent dat er alleen maar neutronen in het voorwerp zitten.

positieve en negatieve lading heft elkaar op. Dat noemen we dan neutraal.

De elektrische stroom moet ook een oorzaak hebben. De kracht die de elektronen in beweging zet noemen we spanning. Bij een bliksem zijn de wolken elektrisch geladen: de bovenkant is bijvoorbeeld positief, de onderkant is negatief. De grond is dan ook positief geladen.

De elektrische kracht ontstaat doordat geladen deeltjes elkaar aantrekken of afstoten: + en - trekken elkaar aan, gelijke ladingen stoten elkaar af.



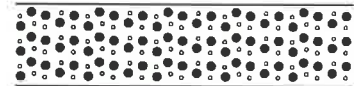
d. Kijk naar het plaatje met de wolken op de vorige pagina. In welke richting gaan de elektronen bij de bliksemontlading bewegen? Van boven naar beneden of van beneden naar boven?

Van boven naar beneden.

e. Waarom zal de spanning vlak voor de bliksemontlading heel groot moeten zijn? Leg uit.

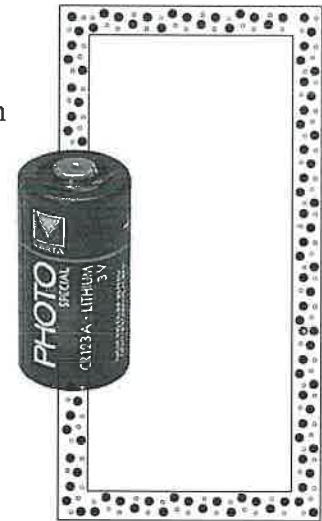
De weerstand van de lucht is groot. Om die te overwinnen heb je veel spanning nodig.

Een metaal zoals koper is ook helemaal opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen. Een koperdraad zit dus helemaal vol met deeltjes, die zo klein zijn dat nog nooit iemand zo'n deeltje heeft kunnen zien. Er zitten dus ook veel meer deeltjes in een stukje koperdraad dan in de tekening zichtbaar te maken is.



••• negatieve elektronen
••• positieve protonen

Zodra de draad aangesloten wordt op een batterij dan werkt er een kracht op de deeltjes. De positieve deeltjes worden aangetrokken door de negatieve pool van de batterij, de negatieve deeltjes worden aangetrokken door de positieve pool van de batterij.



••• negatieve elektronen
••• positieve protonen

In een metaaldraad kunnen alleen de lichte elektronen bewegen. De zware protonen zitten vast in de draad (in het koperatoom) en kunnen dus niet bewegen.

In de tekening zie je een batterij en een koperdraad. In de koperdraad zijn positieve deeltjes (protonen) en negatieve deeltjes (elektronen) getekend.

f. Waarom gaan er deeltjes bewegen zodra de kring gesloten is?

Omdat de batterij elektronen de draad in duwt. Via de kring kunnen de elektronen dan weer terug naar de batterij.

g. Welke deeltjes gaan bewegen? In welke richting?

Elektronen. Van - naar +.

h. Waarom gaan de andere deeltjes niet bewegen?

Die zitten vast in de atoomkern. En de atomen zitten weer vast aan elkaar.

i. Op welke twee manieren kun je merken, dat een voorwerp elektrisch geladen is?

- Je kunt een schok krijgen als je het aanraakt.
- Je kunt dat voorwerpen elkaar afstoten of aantrekken.

Elk voorwerp bevat zowel positieve als negatieve lading, maar de hoeveelheden positieve en negatieve lading zijn niet altijd gelijk. Wat weet je over de hoeveelheden positieve en negatieve lading van:

j. een voorwerp dat neutraal is?

evenveel + als -

k. een voorwerp dat positief geladen is?

meer + dan -

l. een voorwerp dat negatief geladen is?

minder + dan -

Soms voel je een lichte schok als je een deurkruk aanraakt, bijvoorbeeld als je eerst over een nylon vloerbedekking gelopen hebt.

m. Wat was er dan geladen?

Ik.

Tijdens het tanken van een pas geland vliegtuig is er verschillende keren een explosie geweest.

n. Hoe kan het vliegtuig elektrisch geladen zijn?

Door wrijving met luchtmoleculen.



Aan sommige auto's is een strip bevestigd. Deze strip sleept tijdens het rijden over de grond. De strip moet voorkomen dat de auto onderweg geladen wordt.

o. Waardoor kan de auto tijdens het rijden geladen worden?

Door wrijving met lucht of door wrijving tussen band en weg.

p. Moet het materiaal van de strip een metaal zijn of een isolator? Leg uit.

Een metaal, want de lading moet van de auto weglopen naar de aarde.

Extra opdracht B: De LED-hoofdlamp

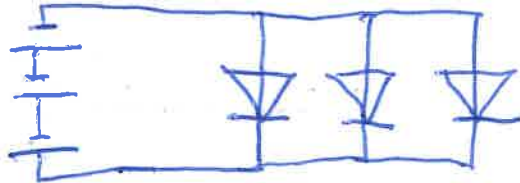
Vroeger was het voor verkenners die op kamp gingen best lastig om een zaklamp te kopen die lang genoeg mee ging. Na de derde dag was de dure set alkaline-batterijen die je gekocht had toch echt leeg. Net terwijl je in het donker door het bos loopt.

Met modernere techniek hoeft dat niet meer. Een ultralicht hoofdlampje die een verblindende straal geeft, en haast geen stroom gebruikt! Daarvoor worden ultraheldere LEDjes gebruikt. Deze LEDs zijn zuinig met energie, omdat ze in tegenstelling tot gloeilampjes weinig warmte produceren, en op een lage spanning kunnen werken.

Een witte LED werkt op een spanning van 3,6 volt, en de stroom die nodig is om een flinke straal licht te produceren is 15 mA. De batterijen in de hoofdlamp zijn drie oplaadbare AAA-penlights, elk 1,2 volt en 800 mAh.

De schakeling in de lamp bestaat uit drie batterijen en drie LEDjes.

- Teken het schakelschema.



- Hoe groot is de stroomsterkte die de batterijen leveren?

$$3 \times 15 \text{ mA} = 45 \text{ mA}$$

- Hoeveel uur blijven de lampjes branden?

$$\frac{800 \text{ mAh}}{45 \text{ mA}} = 17,8 \text{ uur}$$



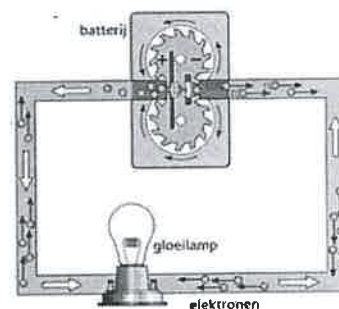
Extra opdracht C: verdiep je inzicht!

Bij een elektrische schakeling kun je door de stroomsterkte te meten, weten hoeveel elektronen er per seconde door de lamp gaan. Omdat elektronen zo klein zijn betekent een stroomsterkte van 1 ampère dat er per seconde 6.240.000.000.000.000 elektronen (6,24 triljoen) door de lamp gaan. Zulke grote getallen zijn lastig, het is dus handiger om te rekenen in A of mA. De elektronen worden door de elektrische kracht van de spanningsbron van minpool naar pluspool geduwd en dan binnenin de batterij weer van de plus naar de minpool gepompt. De elektronen kunnen pas gaan bewegen als er een gesloten kring is. Er gaat dus pas een stroom lopen als er een gesloten kring is.

Elektronen bewegen van minpool naar pluspool. Ondanks dat spreken we er toch vaak over dat de stroom van pluspool naar minpool beweegt. Dat is niet echt heel erg logisch, maar dat is zo gegroeid (dat noemt men een historische reden). Een spanningsbron zoals een batterij of een adapter levert elektrische energie die door de stroomdeeltjes wordt vervoerd van batterij naar aangesloten apparaat (bv. een lampje). Daar wordt de energie afgegeven. Vervolgens gaan de stroomdeeltjes weer terug naar de spanningsbron om opnieuw energie op te halen.

De grootte van de spanning bepaalt hoeveel energie de stroomdeeltjes meekrijgen. Als de spanning 2x zo groot is, dan is de kracht op de stroomdeeltjes dus ook 2x zo groot en gaan de stroomdeeltjes 2x zo hard bewegen. En dat betekent dat de stroomdeeltjes ook 2x zoveel energie meekrijgen. Eerder zag jij bij opdracht 1 van werkblad 1 al dat de stroom door een lampje kleiner wordt als je de spanning kleiner maakt. En andersom ook natuurlijk; de spanning wordt groter als de stroom groter wordt. Dat betekent dus dat je per stroomdeeltje niet alleen 2x zo veel energie meegeeft als je de spanning verdubbelt, maar dat je het aantal stroomdeeltjes zelf ook nog eens verdubbelt!!!

In de tekening hiernaast zie je hoe de spanningsbron de elektronen rondpompt. De draad in de lamp is veel dunner dan het elektriciteitsnoer.



- a. Is de stroomsterkte in de gloeidraad groter, kleiner, of even groot als de stroomsterkte in het elektriciteitsnoer? Leg uit.

Even groot. De elektronen die door de lamp gaan moeten ook door de draad.

- b. Als de spanning 2x zo groot is en er verder niets aan de schakeling verandert, hoeveel keer zoveel energie wordt er dan afgegeven in het lampje?

4 x zo veel.

2x zo veel elektronen die 2x zo veel energie mee krijgen maakt 4x zo veel energie.

Theoriedeel 5: elektriciteit in huis

Bij jou thuis zijn alle apparaten parallel geschakeld. Daardoor krijgen alle apparaten evenveel spanning en verdeelt de stroom zich netjes over alle apparaten. (Zie theorie-deel 3 voor uitleg.) Dat betekent dat je de stroomsterkte van alle apparaten in huis bij elkaar op kunt tellen tot de **totale stroomsterkte** die er door alle apparaten loopt.

Als je te veel apparaten aan zet, dan kan de totale stroomsterkte zo groot worden, dat de draden die door je muur lopen te warm worden. Dat noemen we **overbelasting**. Er kan dan **vuur** ontstaan. Om dat te voorkomen wordt een **zekering** gebruikt. Een zekering is een schakelaar die de stroomkring onderbreekt als de stroom te groot wordt. Meestal doet de zekering dat bij een stroomsterkte van **16 ampère**.

Vaak heb je meerdere zekeringen. Eéntje voor de woonkamer, ééntje voor de keuken. En zo voort. Dat betekent dat je meerdere parallelle stroomkringen in huis hebt en dat elke kring een eigen zekering heeft. Eén zo'n stroomkring noem je een **stroomgroep**.

Tegenwoordig is een zekering gewoon een schakelaar zoals je er boven in het plaatje een aantal op een rij ziet. Vroeger had met ook wel smeltzekeringen. Daar zat er een draadje in dat kapotsmolt bij te veel stroom. Als je in een wat ouder huis woont, dan kan het zijn dat er nog smeltzekeringen worden gebruikt. Ga maar eens in je meterkast kijken!

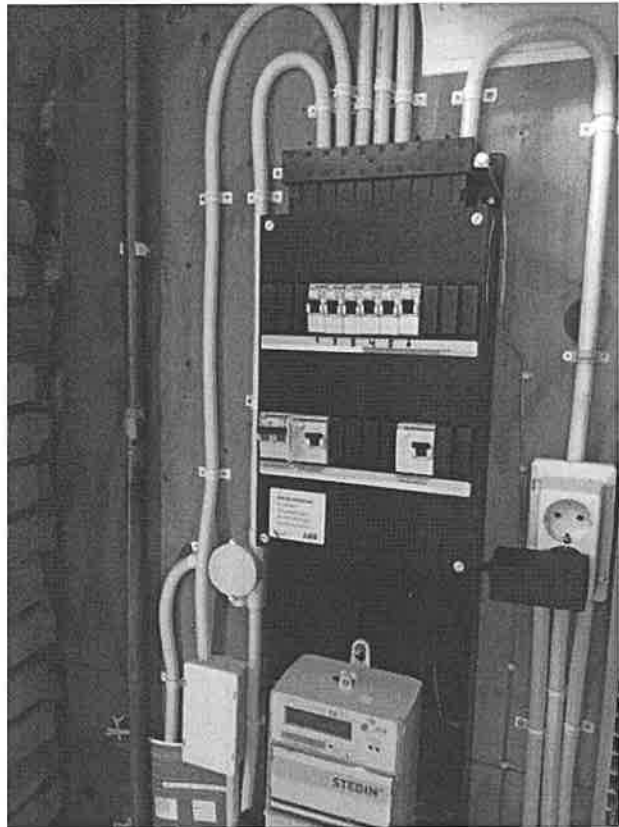
Een zekering helpt ook bij een **kortsluiting**. Dat is iets anders dan overbelasting. Bij overbelasting loopt er te veel stroom omdat er te veel apparaten aan staan. Bij kortsluiting loopt er te veel stroom omdat er ergens op de verkeerde plek draden tegen elkaar aan komen, waardoor er ineens heel veel stroom gaat lopen.

Om kortsluiting te voorkomen worden apparaten vaak **dubbel geïsoleerd**. Dat betekent dat niet alleen de draden in en naar het apparaat goed geïsoleerd zijn, maar dat het apparaat zelf ook aan de buitenkant voorzien is van een isolerende laag. Hiernaast zie je het symbool waaraan je dubbele isolatie kunt herkennen.



Om veilig te kunnen werken met elektriciteit moet je kunnen rekenen met stroomsterktes. Leer daarom de **voorvoegsels** die we voor zeer grote of kleine stroomsterktes gebruiken:

mA = milliampère	1 mA = 0,001 A	1 A = 1000 mA
µA = micro-ampère	1 µA = 0,000 001 A	1 A = 1 000 000 µA
kA = kilo-ampère	1 kA = 1000 A	1 A = 0,001 kA



Werkblad 5 Elektriciteit in huis

De leraar benoemt de leerdoelen.
 Kort klassikaal: De leraar geeft uitleg over theorie deel 5.
 De leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.
 Verlengd klassikaal: Eventueel is er extra uitleg over "groepen" bij de elektrische installatie in huis of wordt daar een film van Kernpunt over getoond.
 Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

L
e
r
d
o
e
l
e
n

Aan het eind van de les kun je:

- uitleggen hoe een zekering werkt
- een Ampèremeter precies aflezen.
- eenheden van stroomsterkte omrekenen
- uitleggen welke gevaren er zijn bij het gebruiken van elektriciteit in huis
 - uitleggen wat het nut van isolatie en dubbele isolatie is

Opdracht 1: grote en kleine stroomsterktes

a. reken de volgende eenheden om

$0,032 \text{ A}$	$= .32 . \text{ mA}$	620 mA	$= .62 \text{ A}$
100 kA	$= 100.000 \text{ A}$	$250 \mu\text{A}$	$= 0,00025 \text{ A}$
$0,25 \text{ mA}$	$= 250 . . \mu\text{A}$	$8 \mu\text{A}$	$= \dots\dots\dots \text{ A } 0,000008 \text{ A}$

Een normale penlight kan vijf uur lang een stroomsterkte van 0,5 A leveren. Dezelfde batterij wordt ook gebruikt in een kwartsklok, maar daar is de stroomsterkte veel kleiner, en duurt het dus veel langer voor de batterij leeg is. Die batterij moet tenminste 1 jaar meegaan.



b. Hoe groot is de stroomsterkte in de kwartsklok?

5 uur $\rightarrow 0,5 \text{ A}$
 8760 uur $\rightarrow 0,000285 \text{ A} (= 285 \mu\text{A})$

Horloges werken vaak op knoopcellen. Bij een stroom van $8 \mu\text{A}$ gaat de batterij dan 2 jaar mee. Dezelfde knoopcel wordt ook gebruikt om een LED-lampje te laten branden. De stroom is dan 5 mA.



c. Hoeveel uur kan het lampje branden op de knoopcel?

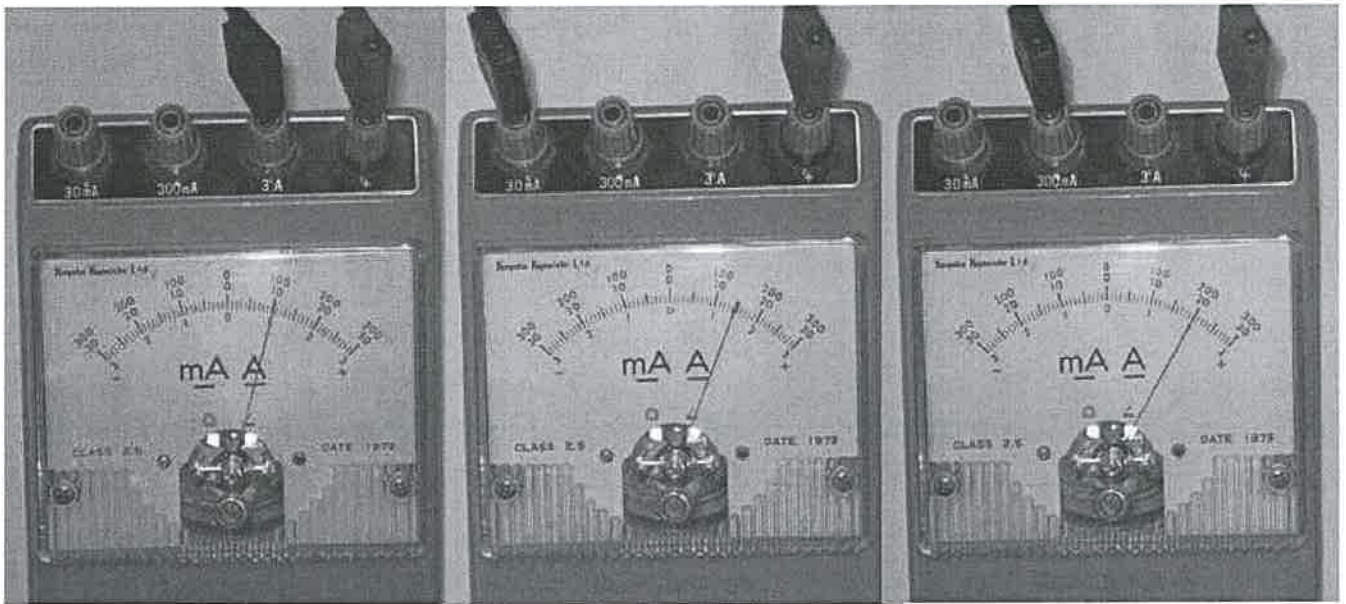
horloge: Capaciteit = uren x stroomsterkte. =
 $= 2 \times 8760 \times 8 \mu\text{A} = 0,14 \text{ Ah}$

lampje: Capaciteit = 0,14 = uren x 5 mA

Dus uren = $\frac{0,14}{0,005} = 28 \text{ uur}$

Opdracht 2: zelf stroom aflezen

Lees op onderstaande meters de stroomsterkte af. Let goed op hoe ze zijn aangesloten!



$$I = \dots 2 \text{ A} \dots$$

$$I = \dots 22.5 \text{ mA} \dots$$

$$I = \dots 250 \text{ mA} \dots$$

Opdracht 3: Stroomsterkte in huis

apparaat	stroomsterkte
wekker	1 mA
scheerapparaat	25 - 65 mA
gloeilamp	0,11 - 0,43 A
kleurentelevisie	0,35 - 0,65 A
koelkast	0,65 - 1,35 A
boormachine	1,0 - 2,5 A
magnetron	2,7 - 6,5 A
frituurpan	6,5 - 9 A
wasdroger	11 - 13,5 A
elektr. fornuis	tot ca. 45 A
bliksem	ca. 100 kA

In de tabel hiernaast zie je verschillende huishoudelijke apparaten, met daarbij de stroomsterkte door het apparaat. Je ziet dat er grote verschillen zijn in stroomsterkte.

In een apparaat wordt elektrische energie omgezet in een ander soort, of meerdere soorten energie. Drie soorten energie spelen meestal een rol:

Warmte Als er een stroom door een dunne draad loopt dan wordt de draad warm. Elektrische energie wordt omgezet in warmte.

Licht Bij een gloeilamp wordt de draad zo heet dat hij gaat gloeien. Andere lichtbronnen zijn: TL-buis, LED en LCD-scherm.

Beweging Een elektromotor zet elektrische energie om in beweging. Een elektromotor lijkt sterk op een dynamo: hij werkt met magnetisme en spoelen.

a. Voor welke van deze drie soorten energie is een grote stroomsterkte nodig?

Warmte

b. Noem, naast de apparaten in de tabel, drie huishoudelijke apparaten die vooral warmte produceren.

toaster, waterkoker, oven.

c. Noem, naast de apparaten in de tabel, drie apparaten die elektrische energie omzetten in licht.

LED, spaarlamp, TL-buis.

Bij een koelkast en een diepvries zorgt een pomp ervoor dat, met behulp van een vloeistof, de warmte van binnen naar buiten verplaatst wordt.

d. In welke soort energie wordt de elektrische energie omgezet in de pomp?

In bewegings energie, ook wel kinetische energie genoemd.

e. Noem, naast de apparaten in de tabel, drie apparaten waarin een elektromotor zit.

wasmaschine, elektrische auto, camera met automatische zoom

Opdracht 3: teveel stroom

De elektrische huisinstallatie is altijd verdeeld in een aantal groepen, en bij elke groep zit een zekering. De meeste zekeringen zijn 16 A.



a. Zijn de apparaten thuis in serie geschakeld of parallel? Leg uit!

Parallel, want anders verdeelt de spanning zich over de apparaten en krijgen ze te weinig spanning.

b. Wat weet je over de stroom in zo'n schakeling?

De stroom verdeelt zich over de apparaten

c. De keuken heeft meestal een aparte groep, met een veel grotere zekering en een dikkere bedrading dan de andere groepen. Waarom?

Een elektrisch fornuis gebruikt veel elektrische energie, dus er loopt dan ook een grote stroom.

d. Waarom moet je bij het aansluiten van een wasdroger goed opletten welke apparaten er nog meer op dezelfde groep aangesloten zijn?

Omdat een wasdroger veel stroom nodig heeft. Nog een zwaar apparaat erbij en de zekering springt.

apparaat	stroom
achterlichten	1 A
radio	1,2 A
remlichten	3,5 A
knipperlichten	3,5 A
sigarenaansteker	8 A
achterraut-verwarming	9 A
koplampen	9 A
startmotor	45 A
airco	80 A

In een auto zijn ook veel apparaten die elektrische energie verbruiken. Die apparaten werken allemaal op de spanning die de accu levert. De accu wordt tijdens het rijden steeds opgeladen door de dynamo. In de tabel hiernaast zie je van een aantal apparaten de stroomsterkte. Wat opvalt is dat de stroomsterkte veel groter is dan bij apparaten thuis.

e. Waardoor hebben apparaten die op een accu werken een veel grotere stroomsterkte nodig?

$P = U \times I$ Als je lage spanning hebt, heb je meer stroom nodig voor hetzelfde vermogen.

De accu is volledig opgeladen, maar de bestuurder heeft de twee achterlichten en de twee koplampen laten branden.

f. Hoe groot is de stroomsterkte die de accu moet leveren?

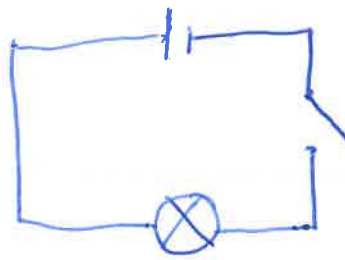
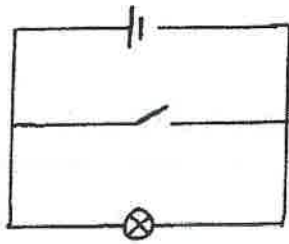
In ieder geval 45 A, anders kan de auto niet starten.

g. Waarom is het niet handig om de airco te gebruiken als de motor van de auto niet draait?

Dan is de accu snel leeg.

Opdracht 4: oefenen met (stroomsterkte in) schakelingen

O'shanee heeft een schakeling gemaakt om een lampje aan en uit te zetten. Ze laat hem trots aan haar docent zien. Deze zegt echter dat ze het niet goed heeft gedaan.

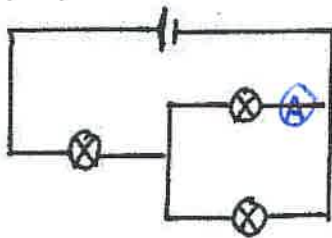


a. Leg zo duidelijk mogelijk uit wat ze verkeerd heeft gedaan.

Als de schakelaar dicht gaat krijg je een kortsluiting. Je hebt dan een stroomkring zonder een apparaat erin.

b. Teken de schakeling zoals ze hem wel moet maken naast bovenstaande tekening.

Hieronder zie je een schakeling waarbij 2 lampjes parallel zijn geschakeld en een ander lampje daarmee in serie.



c. Teken er zelf een ampèremeter bij zodat je de stroom door één van de lampjes die parallel geschakeld is kan meten.

d. Op dit lampje staat vermeld: 6V, 0,45 A. Leg uit wat dit betekent.

Je mag niet meer dan 6V spanning aansluiten. Het lampje neemt dan 0,45 A aan stroom af.

e. Welk meetbereik moet je voor de ampèremeter kiezen om zo goed mogelijk te kunnen meten of het lampje goed brandt? Je kan kiezen uit 50 mA, 500 mA en 5A.

50 mA. Dat is dan het meest nauwkeurig

Bij Marieke thuis is de zekering doorgesmolten. Er zijn echter geen nieuwe zekeringen in huis. Haar vriend stelt voor om de zekering met aluminiumfolie te omwikkelen en dan weer terug te zetten.

f. Zou dit inderdaad kunnen helpen?

Ja, alu folie geleidt stroom

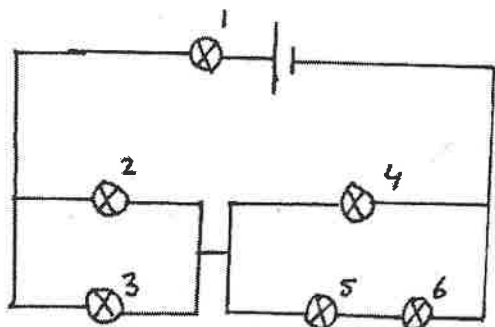
g. Waarom is dit een gevaarlijke oplossing?

De zekering werkt niet meer. Er kunnen grote stromen lopen zonder dat je het merkt. Er is dan brandgevaar

h. Wat zou er nu in huis kunnen gebeuren? Leg uit.

Er kan brand uitbreken door te grote stromen.

Hieronder zie je een ingewikkelde schakeling met 6 dezelfde lampjes. Bekijk de schakeling goed en beantwoord dan de volgende vragen. Door lampje 3 loopt een stroom van 0,30 A.



- i. Welke lampjes gaan uit als je lampje 3 losdraait? *Geen*
- j. Welke lampjes gaan uit als je lampje 1 losdraait? *alle*
- k. Welke lampjes gaan uit als je lampje 6 losdraait? *alleen 5*

- l. Welke stroom loopt er door lampje 1? *0,60 A.*
Lamp 2 en 3 zijn dezelfde, dus door beide loopt 0,30 A.

- m. Welk lampje brandt er feller? Lampje 4 of lampje 5? Leg uit.

Lampje 4, want: de spanning over lamp 4 moet zich verdelen over 5 en 6. Daardoor heeft lamp 5 minder spanning.

- n. Welke stroom loopt er door lampje 5? Leg uit.

Door lamp 4 loopt 2 keer zo veel stroom als door lamp 5 en 6. Samen hebben ze 0,60 A. Dus loopt er 0,20 A door

- o. Welke lampjes branden even fel? Leg uit.

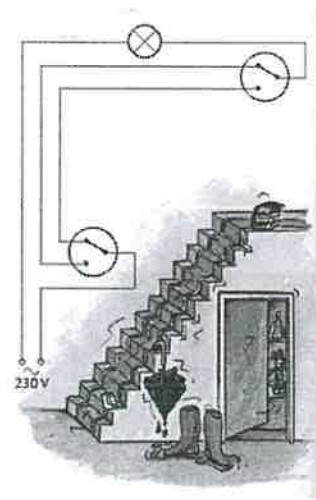
2 en 3 5 en 6

- p. Welk lampje brand er het felst? Leg uit.

Lamp 1. Daar is de stroomsterkte het grootst. (of: daar is de stroom nog niet opgedeeld.)

Extra opdracht A: Schakelingen in huis

In de tekening hiernaast zie je een schakeling met één lamp en twee schakelaars. De ene schakelaar zit onderaan de trap, de andere schakelaar zit bovenaan de trap (dit heet een *hotelschakeling*).



- a. Brandt het lampje bij de getekende stand van de schakelaars?

Nee. (volg de draden)

De bedoeling van deze schakeling is dat je met beide schakelaars in elke situatie het lampje kunt aan- en uitzetten.

- b. Leg uit dat in de getekende situatie de lamp met beide schakelaars kunt aanzetten.

Elk van beide schakelaars kan de draad verbinden, die ook door de ander verbonden is.

- c. Brandt de lamp als je beide schakelaars tegelijk omzet?

Nee. Wat de ene schakelaar dan doet, doet de ander teniet.

- d. Kun je, als de lamp brandt, met beide schakelaars de lamp uitzetten?

Nee, zie boven voor argument.

Lined writing area consisting of 30 horizontal lines.

Deze leerlingenbundel is tot stand gekomen door Peter Schuttevaar, in opdracht van het Milton Peters College te Sint Maarten, gebruik makend van een origineel idee van het St. Bonifatiuscollege te Utrecht, Nederland en van aanvullingen en aanpassingen zoals eerder uitgevoerd in opdracht van het Hermann Wesselink College te Amstelveen, Nederland.

Nothing ignites learning more than the desire to live life to the fullest.

*Peter Schuttevaar
November 2021*