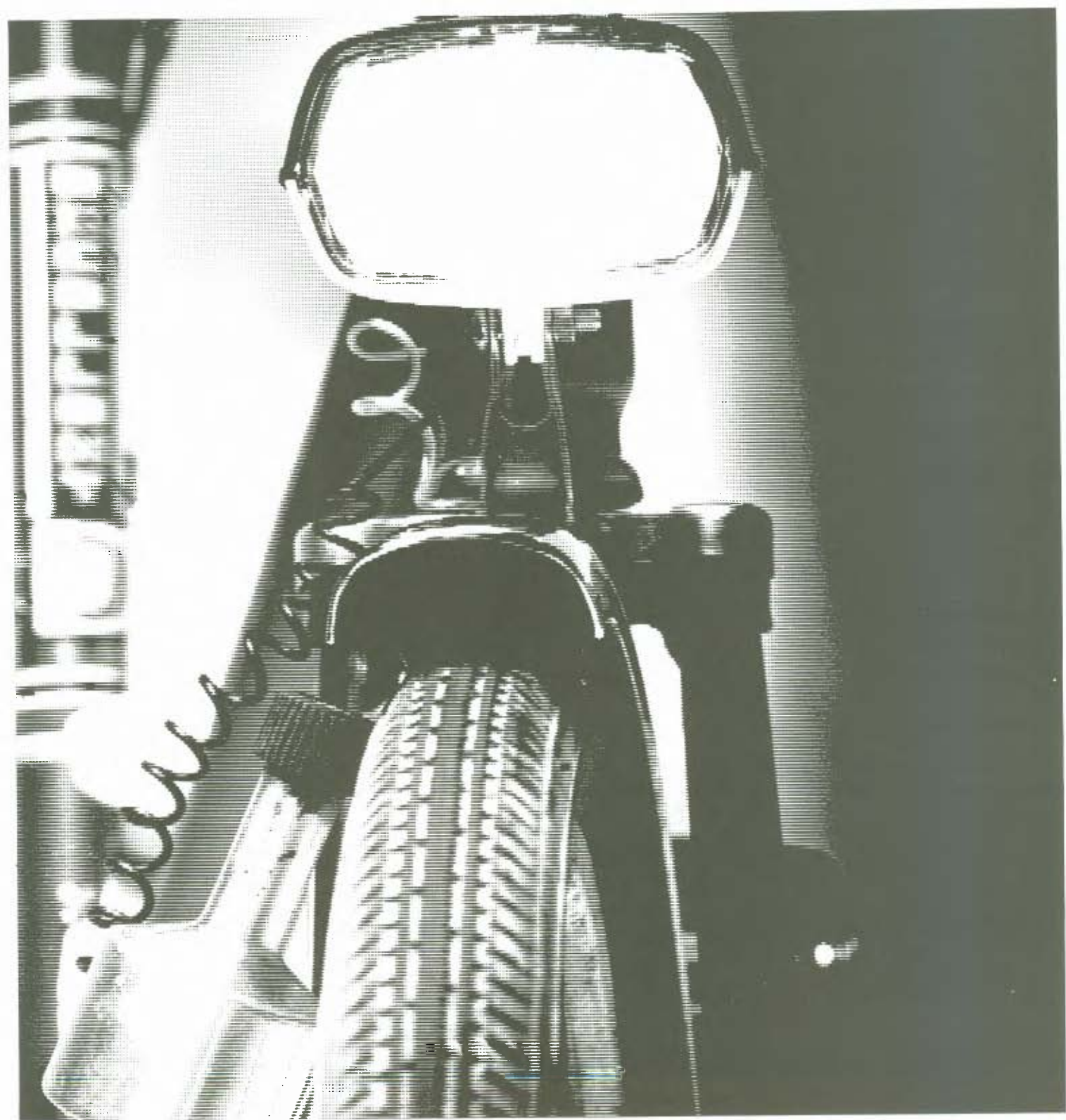


**Blok 10 | Elektriciteit, hoe werkt dat?**



## Blok 10 | Elektriciteit, hoe werkt dat?

### Basisstof

#### **Inleiding 5**

##### **P 1**

Elektriciteit en energie; spanning 5

##### **P 2**

Spanning meten in serieschakelingen 7

##### **P 3**

Spanning meten in  
parallelschakelingen 8

##### **P 4**

Vermogen 9

##### **T 1**

Elektriciteit en energie; spanning 11

##### **T 2**

Spanning meten in serieschakelingen 11

##### **T 3**

Spanning meten in  
parallelschakelingen 12

##### **T 4**

Vermogen 12

##### **T 5**

Weerstand 14

##### **W 1**

Elektriciteit en energie; spanning 15

##### **W 2**

Spanning meten in serieschakelingen 15

##### **W 3**

Spanning meten in  
parallelschakelingen 15

##### **W 4**

Vermogen 16

##### **W 5**

Weerstand 16

De volgorde waarin je de paragrafen het  
beste kunt doorwerken en leren is:

**P 1, T 1, W 1,**

**P 2, T 2, W 2,**

**P 3, T 3, W 3,**

**P 4, T 4, W 4,**

**T 5, W 5.**

### Herhaalstof

#### **H 1**

Elektriciteit en energie; spanning 17

#### **H 2**

Vermogen en weerstand 18

#### **H 1**

Antwoordblad 20

#### **H 2**

Antwoordblad 20

### Extra stof

#### **Extra stof die bij het lesmateriaal is opgenomen**

##### **86**

Veiligheid bij elektriciteit 21

##### **88**

Zelf spanningsbronnen maken 23

##### **89**

Luchtelektriciteit 24

#### **Extra stof die wel in de klas aanwezig is, maar niet in dit pakket is opgenomen**

##### **87**

Het waterstroommodel

## **Wat je moet kunnen aan het eind van blok 10**

<b>1</b> Je moet in een stroomkring: <i>a</i> de onderdelen kunnen aanwijzen die elektrische energie leveren. <i>b</i> de onderdelen kunnen aanwijzen die elektrische energie opnemen en omzetten in andere vormen van energie.	<b>Te vinden in:</b>  <b>P 1, T 1</b>
<b>2</b> Je moet weten dat in een elektrische stroomkring de energie door de lading wordt overgebracht.	<b>P 1, T 1</b>
<b>3</b> Je moet weten wat we verstaan onder: <i>a</i> de spanning van een batterij. <i>b</i> de spanning over een onderdeel van een elektrische schakeling.	<b>T 1</b>
<b>4</b> Je moet weten dat 1 volt gelijk is aan 1 joule per coulomb.	<b>T 1</b>
<b>5</b> Je moet weten dat de energie die in een onderdeel van een schakeling wordt omgezet, afhangt van de lading en de spanning.	<b>P 1</b>
<b>6</b> Je moet weten wat het betekent, dat een batterij 'leeg' is.	<b>T 1</b>
<b>7</b> Je moet opgaven kunnen maken als W 1, vraag 1 t/m 4.	<b>W 1</b>
<b>8</b> Je moet met een voltmeter de spanning tussen twee punten van een stroomkring kunnen meten.	<b>P 2</b>
<b>9</b> <i>a</i> Je moet weten dat bij een serieschakeling de spanning over alle onderdelen samen gelijk is aan de som van de spanningen over de afzonderlijke onderdelen. <i>b</i> Je moet hiervoor een verklaring kunnen geven. <i>c</i> Je moet kunnen uitleggen hoe het komt dat lampjes in een serieschakeling niet even fel hoeven te branden, terwijl de stroomsterkte door de lampjes toch gelijk is.	<b>P 2, T 2</b>
<b>10</b> <i>a</i> Je moet weten dat in een schakeling de spanning over de bron gelijk is aan de spanning over alle andere onderdelen samen. <i>b</i> Je moet weten wat dit betekent voor de energie die een coulomb van de bron meekrijgt.	<b>T 2</b>
<b>11</b> Je moet weten dat spanning en stroomsterkte een belangrijke rol spelen in een stroomkring.	<b>T 2</b>
<b>12</b> Je moet opgaven kunnen maken als W 2, vraag 1 t/m 4.	<b>W 2</b>
<b>13</b> <i>a</i> Je moet weten dat bij een parallelschakeling de spanning over de takken gelijk is. <i>b</i> Je moet hier een verklaring voor kunnen geven. <i>c</i> Je moet kunnen uitleggen hoe het komt dat lampjes in een parallelschakeling niet even fel hoeven te branden, terwijl de spanningen toch gelijk zijn.	<b>P 3, T 3</b>
<b>14</b> Je moet opgaven kunnen maken als W 3, vraag 1 t/m 6.	<b>W 3</b>
<b>15</b> Je moet weten wat we verstaan onder het vermogen dat een lampje omzet.	<b>P 4</b>
<b>16</b> Als je van een lampje de stroomsterkte en de spanning weet, moet je het vermogen dat het lampje omzet kunnen beredeneren.	<b>P 4, W 4, vraag 1</b>
<b>117</b> Je moet een berekening kunnen uitvoeren als in T 4.	<b>T 4</b>
<b>18</b> Je moet opgaven kunnen maken als W 4, vraag 2 t/m 6.	<b>W 4</b>
<b>19</b> Je moet weten dat als de spanning over een onderdeel van een schakeling vergroot wordt, de stroomsterkte door dat onderdeel ook groter wordt.	<b>T 5</b>

**Vraag aan je leraar of je de volgende 3 leerdoelen ook moet kunnen.**

**Te vinden in:**

**20**

Je moet weten dat de weerstand van een onderdeel de eigenschap is, die aangeeft hoeveel moeite de lading heeft om door dat onderdeel te stromen.

**T 5**

**21**

Je moet met de eigenschap 'weerstand' kunnen verklaren:

*a* dat bij een parallelschakeling van lampjes de stroomsterkte door de lampjes verschillend kan zijn.

*b* dat bij een serieschakeling de spanningen over de lampjes verschillend kunnen zijn.

**T 5, W 5, vraag 3**

**22**

Je moet vragen kunnen beantwoorden als W 5, vraag 2 en 4.

**W 5**



## Inleiding

In het eerste blok over elektriciteit, dat was blok 7, heb je je beziggehouden met de kenmerken van stromende elektriciteit.

In blok 8 heb je gewerkt aan de vraag: 'Wat stroomt er eigenlijk bij een elektrische stroom?'

Aan het eind van T 5 van blok 8 staan een aantal vragen, die tot nu toe onbeantwoord zijn gebleven:

— Een batterij kan gemakkelijk een stroomsterkte van 1 A leveren. De stroomsterkte bij een bandgenerator is zo klein dat je hem moeilijk kunt meten. Toch kun je met een bandgenerator flinke vonken door de lucht laten lopen en dat lukt niet bij een batterij. Hoe komt dat?

— Als twee verschillende lampen in serie worden geschakeld branden ze niet even fel, terwijl de stroomsterkte in beide lampen gelijk is. Hoe kan dat?

— Op een batterij staat 1,5 volt en bij een stopcontact spreken we vaak over 220 volt. Wat betekent dat?

— Wat is nu eigenlijk de oorzaak, dat lading zich gaat verplaatsen?

We zullen in dit blok gaan proberen om zoveel mogelijk een antwoord op deze vragen te vinden.



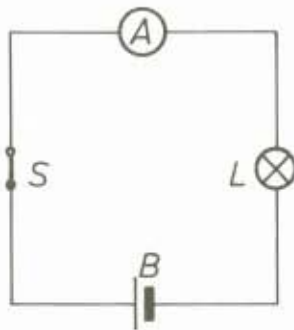
## Elektriciteit en energie; spanning

In het vorige blok heb je al gezien, dat energie een rol speelt bij de elektrische stroom.

Je hebt gezien dat elektrische energie in een bepaald onderdeel (bijvoorbeeld een motor of lampje) van de stroomkring kan worden omgezet in andere energie-soorten.

Maar waar komt deze elektrische energie vandaan?

Op deze vraag werd geantwoord: 'uit de batterij!' Hoe toon je dat aan?



Bekijk de hierboven getekende schakeling. Je denkt misschien: 'Haal de batterij uit de schakeling en het lampje gaat uit'. Ook de ampèremeter slaat niet meer uit. Dus de batterij geeft de elektrische energie.

Maar er gebeurt precies hetzelfde als je het lampje uit de fitting draait! Wat ontbreekt er aan de redenering?

We weten dat als je de schakelaar indrukt lading gaat stromen door het lampje, de ampèremeter en alle andere onderdelen van de schakeling. Het ligt dus voor de hand om te veronderstellen, dat de lading de elektrische energie van de batterij naar bijvoorbeeld het lampje meeneemt en daar een gedeelte van die energie afstaat.

**Om inzicht te krijgen in hetgeen zich daarbij nu eigenlijk allemaal afspeelt ga je de volgende opdracht uitvoeren.**

Je wordt daarbij zelf actief en jij en je klasgenoten krijgen een rol toebedeeld.



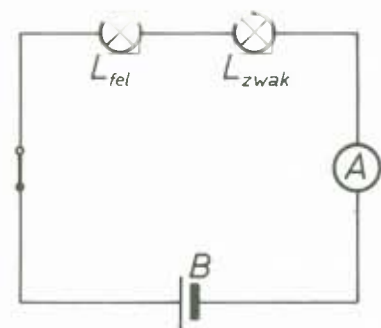
### De rolverdeling

Stel met elkaar vast, wie welke van de onderstaande rollen gaat spelen:

- 2 leerlingen spelen de batterij;
  - 2 leerlingen spelen samen een felle gloeilamp;
  - 2 leerlingen spelen samen een zwak brandend lampje;
  - 2 leerlingen spelen een ampèremeter;
  - de andere leerlingen zijn coulombs.
- De rol van de elektrische energie wordt vervuld door bruine bonen. De batterij voorziet zich van een grote hoeveelheid bruine bonen. Ze zijn al voor je in zakjes gedaan. Elk zakje bevat tien bruine bonen. De beide lampen en de ampèremeter gaan op verschillende plaatsen in het lokaal zitten. Vier coulombs gaan voor het transport van de elektrische energie (de bruine bonen) zorgen.

**a**  
Het is nu de bedoeling dat ieder der coulombs bij de batterij zijn portie energie (zakjes bonen) gaat halen, om die daarna af te dragen aan de beide lampjes en de ampèremeter.

**We bootsen dus de hieronder getekende schakeling na.**



Om de situatie van een elektrische stroom zoveel mogelijk te benaderen moet je je aan een aantal spelregels houden:

1. Het lampje, dat het felst brandt krijgt de meeste energie: zes bonen.
2. Het zwakker brandende lampje krijgt drie bonen.
3. De ampèremeter, die slechts weinig energie nodig heeft om de stroomsterkte aan te geven, krijgt één boon.
4. Elke coulomb is dus zijn energie helemaal kwijt, als hij weer bij de batterij komt.

Opdracht	Aantal coulombs dat rond gaat	Aantal bonen per leerling	Bonen (energie) door de batterij verstrekt	Bonen (energie) verkregen in de zwakke lamp	Bonen (energie) verkregen in de felle lamp	Bonen (energie) verkregen in de ampèremeter
<b>a</b>						
<b>b</b>						
<b>c</b>						

5. Elke coulomb haalt driemaal energie bij de batterij en geeft deze ook driemaal af aan de lampjes en aan de ampèremeter.

6. De batterij houdt nauwkeurig bij hoeveel energie hij afgeeft.

7. Lampjes en ampèremeter noteren de verkregen hoeveelheid energie.

8. Na afloop noteer je in bovenstaande tabel:

— de totale door de batterij verstrekte hoeveelheid energie;

— de bij de lampjes en de ampèremeter afgegeven hoeveelheid energie.

**b**

Herhaal nu het voorafgaande, maar nu met 6 coulombs (dus 6 leerlingen die rond gaan).

Vul de tabel weer in.

**c**

Doe de proef nog eens met 4 coulombs.

Neem nu echter 3 batterijen (gespeeld door  $3 \times 2$  leerlingen) in de schakeling op.

Elke batterij geeft energie aan de coulombs. Vul de tabel weer in.

### Vragen:

1 Wat hebben we in b veranderd in vergelijking met a?

Wat is het gevolg hiervan?

2 Wat hebben we in c veranderd in vergelijking met a?

Wat is het gevolg hiervan?

3 Waar hangt dus de totale hoeveelheid energie die de onderdelen krijgen vanaf?

We hebben geprobeerd inzicht te krijgen in hoe het precies zit met de elektrische energie die van de batterij naar de onderdelen van de schakeling gaat. Door het bonenspel hebben we aannemelijk gemaakt dat de energie die wordt afgegeven in de onderdelen van de schakeling afhangt van:

1 Het aantal coulomb dat het onderdeel passeert en

2 De hoeveelheid energie (het aantal joule) dat elke coulomb in het onderdeel afgeeft.

## Spanning meten in serie-schakelingen

1

Je weet dat twee verschillende lampen, die in serie staan, niet even fel branden. Toch is de stroomsterkte in beide lampen even groot. Het aantal coulomb dat per seconde door een onderdeel van een schakeling gaat (de stroomsterkte) geeft dus niet voldoende informatie. Het kan ook van belang zijn om te weten hoeveel elektrische energie een coulomb meekrijgt van een batterij en hoeveel die coulomb in elk onderdeel van de schakeling uitgeeft. Als je dat te weten wilt komen moet je de spanning (het aantal volt) over die batterij of over dat onderdeel meten.



Symbool voltmeter

Een meter waarmee dat kan, noemen we een **voltmeter**. We zullen niet proberen uit te leggen hoe zo'n voltmeter in elkaar zit. Je moet hem eerst maar eens gebruiken.

### Hoe sluit je een voltmeter aan?

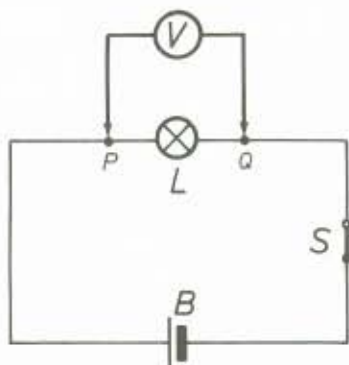
Dit is niet zo moeilijk als je bedenkt dat je met de voltmeter het aantal joule wilt meten dat elke coulomb in bijvoorbeeld een lampje afgeeft. Je wilt dus het **verschil** meten tussen het aantal joule dat een coulomb heeft voor en na het lampje. De meter moet dan ook een aansluiting hebben **voor** en **na** het lampje.

**De voltmeter moet dus parallel geschakeld worden met het onderdeel waarover je de spanning wilt meten.**

Als je over een onderdeel van een schakeling de spanning wilt meten, kun je rustig eerst de hele schakeling bouwen en dan pas de voltmeter aansluiten parallel met het onderdeel.

Als op de voltmeter meer aansluitingsmogelijkheden zijn (bijvoorbeeld 6 V en 30 V) welke is dan het gevoeligst?

Welke aansluiting moet je dus altijd het eerst gebruiken?



Als je de schakeling van de stroomkring hebt gemaakt, schakel je de voltmeter over de lamp, door hem op de punten P en Q aan te sluiten.

2

**Bouw een schakeling met 1 lampje, 1 spanningsbron en 1 schakelaar.**

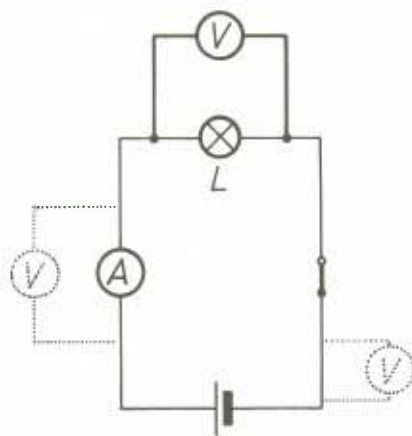
Meet de spanning over het lampje:

Meet de spanning over de batterij:

Wat valt je op aan deze waarden?

3

**Bouw dezelfde schakeling als die bij opdracht 2, neem nu een ampèremeter op in de schakeling.**



Meet de spanning:

over het lampje:

over de ampèremeter:

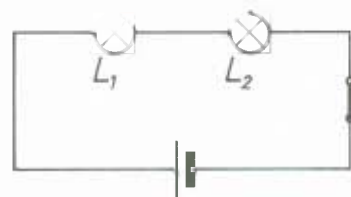
over één van de snoertjes:

Waar geeft een coulomb de meeste energie af?

En waar vrijwel geen energie?

4

**Maak een schakeling met 1 spanningsbron en twee gelijke lampjes in serie.**



Meet de spanning over L<sub>1</sub>:

Meet de spanning over L<sub>2</sub>:

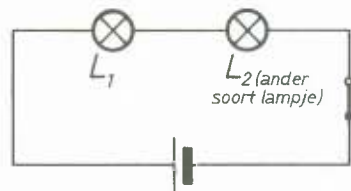
Meet de spanning over L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> **samen** (Teken eerst de voltmeter in het schema)

Wat valt je op aan deze 3 spanningen?

Leg uit, waarom dit heel begrijpelijk is, als je bedenkt wat spanning is.

5

**Vervang nu in de schakeling lampje L<sub>2</sub> door een ander soort lampje.**



Meet de spanning over L<sub>1</sub>:

Meet de spanning over L<sub>2</sub>:

**Voorspel** hoe groot de spanning over L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> samen is:

**Meet** nu de spanning over L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> samen:

### Konklusie uit opdracht 4 en 5:

Bij een serieschakeling van lampjes is de spanning over alle lampjes samen gelijk aan

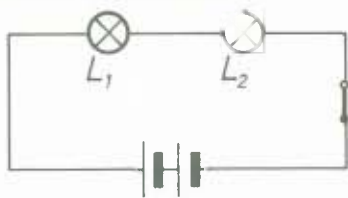
6

Gebruik de schakeling van opdracht 5. Meet de spanning over de bron:

Vergelijk deze spanning eens met de waarden die je bij opdracht 5 hebt gevonden. Wat valt je op?

7

Neem dezelfde schakeling als in opdracht 5, maar gebruik een spanningsbron met een hogere spanning.



Meet de spanning over  $L_1$ :

Meet de spanning over  $L_2$ :

Meet de spanning over  $L_1$  en  $L_2$  samen:

Voorspel hoe groot de spanning over de 2 batterijen samen is

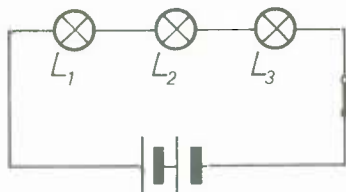
Meet deze spanning

### Konklusie uit opdracht 6 en 7:

De spanning over de bron is gelijk aan

8

Maak een serieschakeling met 3 lampjes: 2 dezelfde lampjes en 1 van een ander soort.



Eén van de lampjes brandt niet. De vraag is nu: wordt alle energie, die een coulomb van de bron meekrijgt alleen afgegeven in de lampjes die wel branden? Hoe kun je dit te weten komen?

Doe dat!

## Blok 10 | Praktikum 3

### Spanning meten in parallelschakelingen

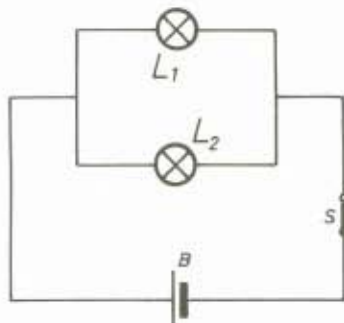
#### Inleiding.

In P 2 en T 2 heb je gezien dat bij een serieschakeling van bijvoorbeeld enkele lampjes, de elektrische energie die één coulomb lading van de spanningsbron meekrijgt, over de lampjes wordt verdeeld. Als de coulomb lading weer terug is bij de bron is hij al zijn energie kwijt. Dat bleek uit de metingen met de voltmeter: de spanning over alle lampjes samen is gelijk aan de spanning die de bron levert.

Je gaat je nu bezig houden met parallelschakelingen. Het doel van de volgende proeven is om te zien hoe bij dit type schakeling de energie per coulomb over de afzonderlijke lampjes wordt verdeeld. Het is duidelijk dat je dat weer met behulp van een voltmeter onderzoekt.

1

Maak een schakeling waarin twee lampjes parallel staan (zie tekening).



Neem voor  $L_1$  en  $L_2$  verschillende type lampjes.

a Meet de spanning over  $L_1$ .

Deze is

b Meet de spanning over  $L_2$ .

Deze is

c Meet de spanning over de bron.

Deze is

Let op het verschil met een serieschakeling!

Bij een serieschakeling van twee **verschillende** lampjes is de spanning over die lampjes verschillend, bij een parallelschakeling blijkt de spanning over de verschillende lampjes gelijk te zijn! Toch had je dit ook wel kunnen voorstellen.

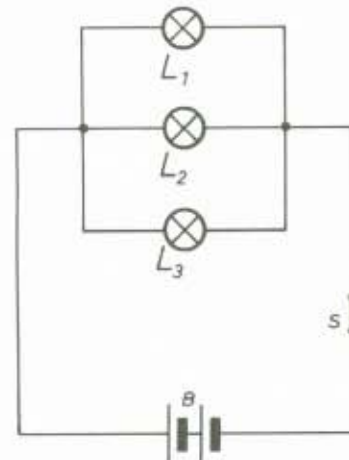
Immers de coulombs die bij de vertakking aankomen, hebben allemaal evenveel energie bij zich. Daarna splitst het aantal

coulomb zich. Sommige gaan de ene tak in, anderen de andere tak. Maar, **elke coulomb heeft nog evenveel energie**. Na de takken komen alle coulombs terug bij de spanningsbron en zijn dus hun energie kwijt.

Een coulomb die door  $L_1$  is gegaan heeft daar evenveel energie afgegeven als een andere coulomb (die door de andere tak ging) in  $L_2$ .

2

Neem nu 3 parallel geschakelde lampjes.



Ze mogen niet alle 3 van hetzelfde type zijn. Gebruik een andere bron als in proef 1 gebruikt is.

a Meet de spanning over de bron:

b Voorspel hoe groot de spanning is over  $L_1$   $L_2$   $L_3$

c Meet deze spanningen:

$L_1$   $L_2$   $L_3$

### Konklusie:

1 Bij een parallelschakeling is de spanning over de takken gelijk.

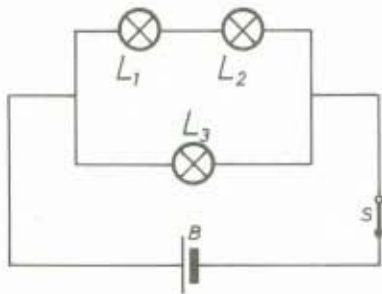
2 Bij een parallelschakeling is de spanning over de bron gelijk aan de spanning over de



3

Hieronder zie je een schema van een combinatie van serie- en parallelgeschakelde lampjes.

Neem drie gelijke lampjes en bouw de schakeling.



a Meet de spanning over de bron:

Hoe zijn  $L_1$  en  $L_2$  geschakeld?

b **Voorspel** nu de spanning over alle lampjes.

$L_1$                        $L_2$                        $L_3$

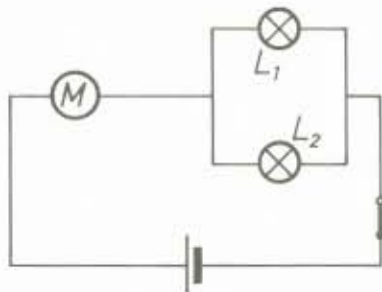
c Controleer je voorspelling door te meten:

$L_1$                        $L_2$                        $L_3$

Als je voorspelling niet klopt met de meting, ga dan naar je leraar.

4

Tenslotte nog een kombinatieschakeling, waarbij je niet alleen lampjes maar ook een elektromotor mag gebruiken.



Vraag aan je leraar welke bron je moet nemen.

a Bouw de schakeling en meet de spanning over de bron

Meet ook de spanning over  $L_1$ :

b Voorspel de spanningen over  $L_2$  en over de motor.

$L_2$                       M

c Controleer je voorspelling

$L_2$                       M

Als je voorspelling niet klopt met de meting ga dan naar je leraar.

## Blok 10 | Praktikum 4

### Vermogen

In P 3 van blok 9 heb je kennis gemaakt met het begrip '**vermogen**' en de bijbehorende eenheid '**de watt**' (J/s).

Als in een lampje in 1 seconde 10 joule elektrische energie wordt omgezet in lichtenergie en warmte, is het vermogen van het lampje 10 joule per seconde

$$= 10 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 10 \text{ W(att)}.$$

1

Wat kun je zeggen over het vermogen van een fel brandend lampje vergeleken met het vermogen van een zwak brandend lampje?

---



---



---

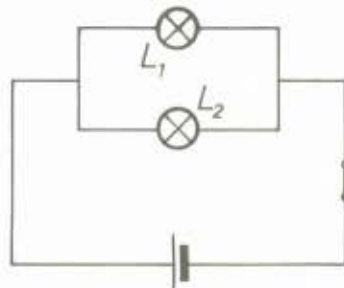
Wanneer we in dit praktikum gaan letten op de felheid van een lampje, letten we eigenlijk op de door dit lampje **per seconde** omgezette energie:

**het vermogen van het lampje.**

2

**Bouw onderstaande schakeling.**

**De twee lampjes zijn verschillend.**



Is de spanning over beide lampjes hetzelfde?

Is de stroomsterkte door beide lampjes hetzelfde?

Branden de lampjes even fel?

---



---



---

**Konklusie:**

Het vermogen van het lampje hangt samen met

3

**Bekijk de schakeling die hieronder getekend is.**

**De lampjes zijn weer verschillend.**



Is de spanning over beide lampjes hetzelfde?

Is de stroomsterkte door beide lampjes hetzelfde?

Branden de lampjes even fel?

**Konklusie:**

Het vermogen van een lampje hangt samen met

Stel dat je een lamp aansluit op 12 V en dat de stroomsterkte door die lamp dan 2 A bedraagt.

2 A betekent dat in 1 seconde een lading van 2 coulomb de lamp passeert. Elke coulomb geeft 12 joule energie af.

2 coulomb geeft dus in 1 seconde 24 joule energie af.

In de lamp wordt dus per seconde 24 joule afgestaan.

Het vermogen van de lamp is dus  $24 \text{ J/s} = 24 \text{ W}$ .

**Konklusie:**

Uit het bovenstaande blijkt dat je het vermogen kunt bepalen uit de spanning en stroomsterkte.

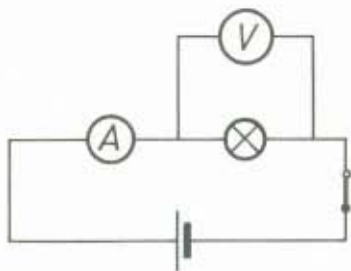
Je hebt dus geen Vermogen-meter nodig.

We gaan nu in de volgende proeven het vermogen van een aantal onderdelen in schakelingen bepalen.

4

Neem een lampje en ga na op welke spanning het moet worden aangesloten.

Sluit het lampje aan en meet de spanning.



De spanning over het lampje: \_\_\_\_\_ V.

De stroomsterkte (aangegeven met symbool I) door het lampje is:

I = \_\_\_\_\_ A.

Probeer voor dit lampje te beredeneren hoe groot het vermogen is.

**Opmerking:**

Misschien vind je voor de stroomsterkte een 'gebroken' getal. Bijvoorbeeld  $I = 0,53 \text{ A}$  en kun je je op dit moment nog niet voorstellen dat in één seconde 0,53 coulomb passeert.

Je zou dan het beste kunnen zeggen: in **100** sekonde passeren **53** coulombs.

Daarna kun je berekenen hoeveel joule in 100 sekonde worden afgestaan en dus hoeveel joule in 1 sekonde vrijkomt.

**Probeer eens!**

---

---

---

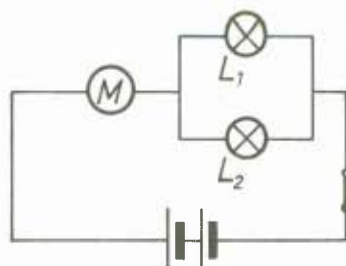
---

---

---

5

Bouw de hieronder getekende schakeling ( $L_1$  en  $L_2$  zijn verschillend).



Meet de spanningen over de lampjes en de motor en vul ze in in de tabel. Meet ook de stroomsterkte door de motor en de lampjes en vul ze in in de tabel.

Beredeneer het vermogen van elk onderdeel en vul dit ook in.

Onder-deel	Spanning	Stroom-sterkte	Vermogen
<b>Lamp 1</b>			
<b>Lamp 2</b>			
<b>Motor</b>			

Beredeneer hoe groot het vermogen van de spanningsbron is

---

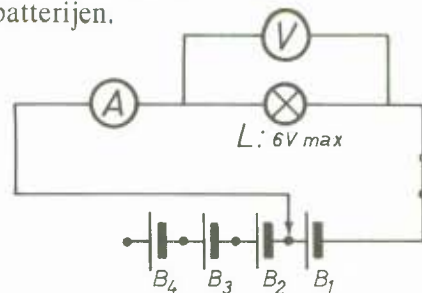
---

---

---

6

Neem een 4,5 voltslampje en sluit dit achtereenvolgens aan op 1, 2 en 3 batterijen.



Meet de spanning over en de stroomsterkte door het lampje. Vul de waarden in in de tabel.

Beredeneer steeds het vermogen en vul dat ook in.

Aantal batterijen	Spanning	Stroom-sterkte	Vermogen
1			
2			
3			

**Konklusie:**

Het vermogen van een lamp is afhankelijk van

---

## Elektriciteit en energie; spanning

In blok 9 heb je gezien dat een elektrische stroom kan worden opgevat als een hoeveelheid stromende lading, die energie heeft.

Deze energie noemen we **elektrische energie**.

De lading vervoert de elektrische energie naar de onderdelen (lamp, motor, etc.) van de schakeling.

In P 1 heb je gezien dat de hoeveelheid energie die aan bijvoorbeeld een lamp wordt afgegeven afhangt van:

- 1 Het aantal coulomb dat de lamp passeert en
- 2 de hoeveelheid energie (het aantal joule) dat elke coulomb afgeeft in de lamp.

We noemen de energie (het aantal joule) die één coulomb afgeeft in een onderdeel van de schakeling **de spanning over dat onderdeel**.

De spanning drukken we uit in **Volt (V)**.

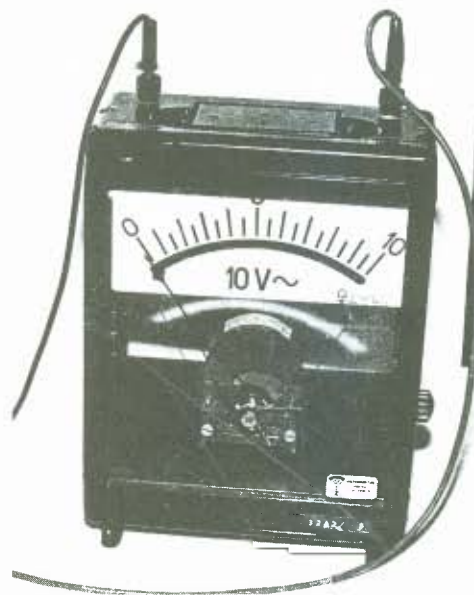
Over een lamp staat 1 V spanning wanneer een lading van 1 C er 1 J energie afgeeft:

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}; 1 \text{ volt} = 1 \text{ joule per coulomb}$$

Zo zal in een 6 volts lampje, als hij normaal brandt, door iedere coulomb die passeert 6 joule energie worden afgegeven.

Onder de spanning van een batterij verstaan we zo het aantal joule dat één coulomb van de batterij meekrijgt.

Als een batterij 'leeg' is betekent dat, dat de batterij geen elektrische energie meer aan de lading geeft. Je kunt beter zeggen dat de batterij uitgeput is.



## Spanning meten in serieschakelingen

In T 1 heb je kennis gemaakt met de nieuwe grootheid spanning en in P 2 heb je zelf verschillende spanningen gemeten. Dit gebeurde steeds in een serieschakeling en je hebt hierbij het volgende kenmerk kunnen ontdekken:

**Bij een serieschakeling van lampjes, is de spanning over alle lampjes samen gelijk aan de som van de spanningen over de afzonderlijke lampjes.**

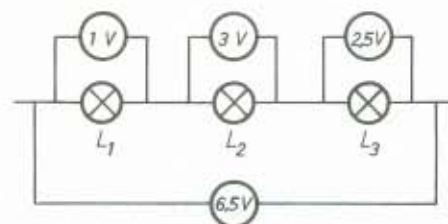
Als je begrepen hebt wat spanning is, is dit kenmerk ook wel logisch. Immers, elke coulomb lading krijgt van de spanningsbron een aantal joule energie mee. Hiervan wordt in elk lampje een deel afgegeven. Als je het aantal joule dat één coulomb in de afzonderlijke lampjes uitgeeft, optelt, dan weet je hoeveel joule één coulomb in totaal in de lampjes heeft uitgegeven.

Wat je in P 2 óók hebt kunnen ontdekken is dat de spanning over alle lampjes samen, gelijk is aan de spanning over de bron. Dit betekent, dat alle elektrische energie die een coulomb lading meekrijgt van de bron, ook helemaal wordt uitgegeven in de lampjes.

Na wat je tot op dit moment van elektriciteit gehad hebt, zal het je duidelijk zijn, dat de volgende twee grootheden een belangrijke rol spelen in een stroomkring.

**1. Stroomsterkte:** de hoeveelheid lading die in 1 seconde passeert ( $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ ).

**2. Spanning:** de hoeveelheid energie die 1 coulomb meekrijgt of uitgeeft. ( $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ ).



## Spanning meten in parallelschakelingen

We halen eerst even op wat we al van parallelschakelingen gehad hebben. Bij parallelschakelingen is er sprake van een stroomkring met verschillende takken. Tussen P en Q zitten in de ene tak de ampèremeter  $A_1$  en het lampje  $L_1$  en in de andere tak de ampèremeter  $A_2$  en het lampje  $L_2$ . We hebben vroeger gevonden dat de stroomsterkte in tak 1 en tak 2 (gemeten door  $A_1$  en  $A_2$ ) samen even groot is als de stroomsterkte door de bron (gemeten door de ampèremeter  $A_3$ ).

We hebben in P 3 van dit blok gezien, dat de spanning over de ene tak gelijk is aan de spanning over de andere tak.

We kunnen ons hiervan als volgt een voorstelling maken.

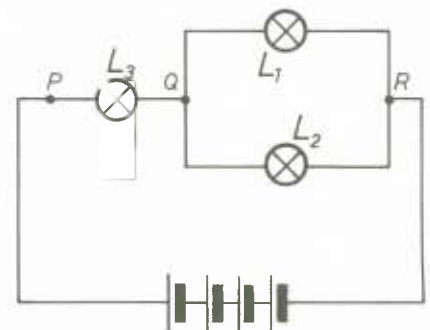
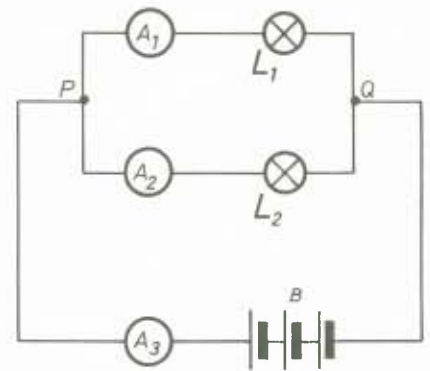
We nemen aan dat bij de +pool van de bron 1 coulomb positieve lading vertrekt en dat deze lading van de bron energie heeft meegekregen. Deze coulomb lading gaat via de ene tak naar de -pool van de bron. Een andere coulomb lading, met evenveel energie bij de +pool gestart, gaat via de andere tak. Beide coulombs lading hebben in het punt P evenveel joule 'bij zich'. Als de bron een batterij van 4,5 V is, hebben ze 4,5 joule bij zich. Na het passeren van hun tak komen ze in Q, waar ze weer evenveel energie (namelijk 0 joule) hebben. Ze hebben dus beide 4,5 joule afgegeven aan het lampje waar ze doorheen zijn gegaan.

Dus de spanning over de lampjes is gelijk. Wel kan de stroomsterkte verschillend zijn in de lampjes. Ze hoeven dus niet even fel te branden.

Het wordt ingewikkelder als een lampje in serie staat met twee andere lampjes die parallel staan. We zullen dit geval bespreken: Een coulomb, die bijvoorbeeld de +pool van de bron met 7 joule aan elektrische energie verlaat, geeft een gedeelte van zijn energie, bijvoorbeeld 3 joule af aan lampje  $L_3$ . Gaat deze lading van Q naar R via lampje  $L_1$ , dan geeft hij daar de rest, namelijk 4 joule, aan lampje  $L_1$  af. Hetzelfde geldt voor een lading van één coulomb, die via lampje  $L_2$  gaat. Dus:

(de spanning tussen P en Q) + (de spanning tussen Q en R) = de spanning over de bron.

Een groot voordeel van parallelschakelingen is dat je meerdere instrumenten op dezelfde bron kunt aansluiten, zonder dat ze elkaar beïnvloeden. Als een lamp in een kamer brandt en je zet de stofzuiger aan, dan blijft de lamp even fel branden.



## Blok 10 | Theorie 4

### Vermogen

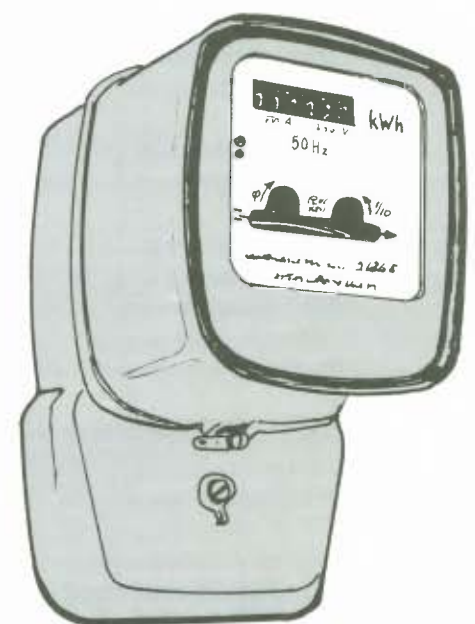
In blok 9 heb je gezien dat het vermogen van bijvoorbeeld een lamp de energie is die per seconde in de lamp wordt omgezet. Als eenheid van vermogen hebben we de watt.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s. ; } 1 \text{ watt} = 1 \text{ joule per seconde}$$

We willen van elektrische apparaten graag het vermogen kennen, om bijvoorbeeld te weten te komen hoeveel het gebruik van dat apparaat ons gaat kosten. Bekijk het volgende voorbeeld.

#### Voorbeeld

Een elektrische kachel brandt gedurende 30 weken elke avond 3 uur. De kachel levert een vermogen van 2000 W. Volgens een vertegenwoordiger in gaskachels kan de verwarming beter met een gaskachel geschieden, want dat kost maar f 50,— per jaar. Maar is dat dan goedkoper?





We gaan rekenen: het vermogen van de kachel is 2000 W.

In elke seconde wordt dus 2000 J energie omgezet.

In een uur dus  $2000 \text{ J} \times 3600 = 7\,200\,000 \text{ J}$ .

We weten dat  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$ .

In 1 uur wordt dus  $\frac{7\,200\,000}{3\,600\,000} = 2 \text{ kWh}$  energie omgezet.

Per avond is dat  $3 \times 2 \text{ kWh} = 6 \text{ kWh}$ .

Per week dus  $7 \times 6 \text{ kWh} = 42 \text{ kWh}$ .

In 30 weken dus  $30 \times 42 \text{ kWh} = 1260 \text{ kWh}$ .

Het elektriciteitsbedrijf berekent voor 1 kWh f 0,18.

Aan elektriciteit kost de kachel dus  $1260 \times 0,18 = \text{f } 226,80$ .

De vertegenwoordiger had dus wel degelijk gelijk!

Uit het bovenstaande voorbeeld heb je gezien dat het belangrijk is het vermogen van een elektrisch apparaat te kennen. Op sommige apparaten vind je, naast de spanning dan ook het vermogen vermeld.

Maar er zijn ook elektrische apparaten waar naast de spanning de stroomsterkte aangegeven is.

In P 4 hebben we geleerd dat we daar niet mee hoeven te zitten. Uit de spanning en de stroomsterkte kunnen we immers het vermogen beredeneren.

### Voorbeeld

Op een koffiezetapparaat staat: 220 V en 4 A.

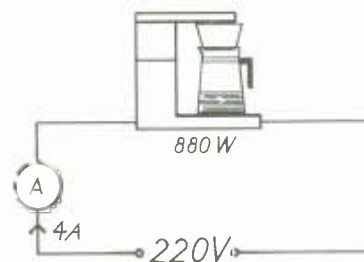
Wat is het vermogen van het apparaat?

Een stroomsterkte van 4 A betekent dat er elke seconde 4 coulomb door het apparaat gaat.

Maar de spanning is 220 V, dus elke coulomb heeft 220 J energie mee.

Elke seconde wordt dus  $220 \times 4 = 880 \text{ J}$  energie omgezet.

Het vermogen is dus 880 W.



Als de spanning en de stroomsterkte op een apparaat staan kunnen we dus het vermogen van het apparaat onmiddellijk uitrekenen.

Dat de stroomsterkte vaak op een apparaat staat, komt omdat het belangrijk is dat we weten hoeveel coulomb er per seconde door de hoofdleiding van het lichtnet gaat. We zullen dit toelichten.

Hiernaast is schematisch de schakeling getekend waarbij tegelijk een wasmachine, een koffiezetapparaat en een stofzuiger aanstaan (ze zijn dus parallel geschakeld).

Door de wasmachine gaat een stroom van 4 A.

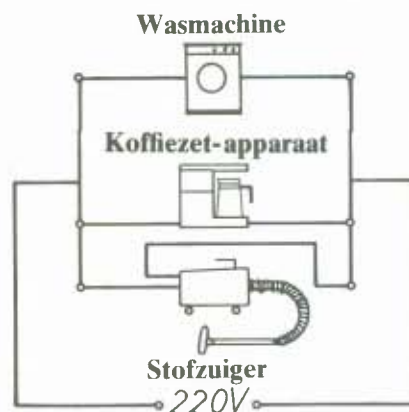
Door de stofzuiger gaat 3 A.

Door het koffiezetapparaat gaat 4 A.

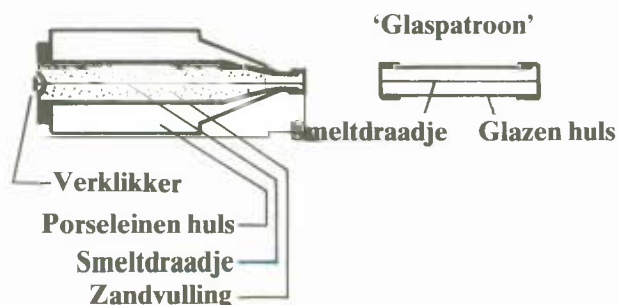
Maar dan gaat er door de hoofdketen dus 11 A.

Je ziet dat er door de hoofdketen een grote stroom loopt. En als je weet dat de bedrading bij 16 A best zou kunnen smelten, begrijp je hoe belangrijk het is om de stroomsterkte te kennen van de apparaten.

Daarom ook zitten er in elk huis stoppen of smeltzekeringen die doorbranden bij 16 A (soms ook wel eerder). Zo'n smeltzekering is een dun draadje dat bij een grote stroom doorbrandt. Als dat gebeurt is, dan wordt de stroomsterkte meteen gelijk aan nul. De coulombs kunnen er immers niet meer door! De bedrading en de elektrische apparaten kunnen dan niet meer beschadigd worden.



### Zekeringen (smeltpatronen)



Zekeringen nadat ze zijn doorgeslagen

## Weerstand

In het voorafgaande deel van dit blok heb je geleerd dat het elektrisch vermogen afhankelijk is van spanning en stroomsterkte.

Je kunt een lamp feller laten branden door de stroomsterkte door of de spanning over de lamp te vergroten.

Maar kan dat onafhankelijk van elkaar?

Kun je bijvoorbeeld de spanning over een lamp vergroten en de stroomsterkte gelijk houden?

Het antwoord op deze vraag kun je al geven. Bekijk de resultaten van proef 6 uit P 4 nog maar eens!

### Konklusie:

Als de spanning over een lamp (of een ander onderdeel) vergroot wordt, dan wordt de stroomsterkte door de lamp groter.

Maar nu blijft nog de vraag over, hoe het komt dat bij **gelijke** spanning de stroomsterkte door verschillende onderdelen toch verschillend kan zijn.

Denk maar eens aan een schakeling zoals in figuur 1 met 2 verschillende lampen die je op het lichtnet (220 V) aansluit. Waardoor wordt hier het verschil in stroomsterkte veroorzaakt? Niet door een verschil in spanning (parallelschakeling!) Het enige dat verschilt zijn de lampen.

Het verschil in stroomsterkte ontstaat dus door een eigenschap van de lampen.

### Deze eigenschap wordt de elektrische weerstand genoemd.

Omdat door  $L_2$  in dezelfde tijd minder coulomb passeert dan door  $L_1$  zeggen we dat de weerstand van  $L_2$  groter is dan van  $L_1$ .

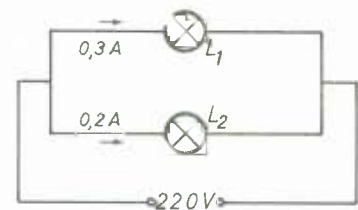
Het beeld dat we van een elektrische stroom hebben opgebouwd komt er nu voor een parallelschakeling (figuur 1) als volgt uit te zien:

Eén coulomb lading raakt in beide lampen evenveel energie kwijt (gelijke spanningen). Per seconde gaat het **kleinste** aantal coulomb (kleinste stroomsterkte) door de lamp met de **grootste** weerstand.

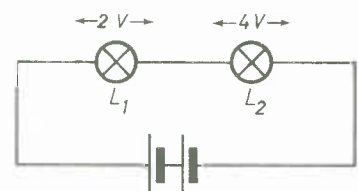
Ook voor een serieschakeling (figuur 2) is dit beeld goed te gebruiken:

Hier passeren elke seconde door beide lampjes evenveel coulombs (stroomsterkte gelijk). Bij het lampje met de grootste weerstand (moeilijkste stuk weg) kost dit de meeste energie. Hier raakt dus een coulomb de meeste energie kwijt (grootste spanning).

In figuur 2 heeft  $L_2$  dus de grootste elektrische weerstand.



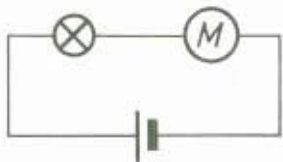
Figuur 1



Figuur 2

## Elektriciteit en energie; spanning

- 1 Bekijk het schema hieronder.



Wanneer de batterij 5 joule aan elke coulomb meegeeft en er passeert 2 coulomb, dan blijkt het lampje 4 joule te krijgen en de motor de rest. Hoeveel energie krijgt de motor?

- 2 Hoe groot moet de spanning zijn over een batterij als hij aan een lading van 3 C een energie moet kunnen geven van 12 J? En hoe groot moet de spanning zijn om aan een lading van 0,1 C een energie te geven van 22 J?

- 3 Een batterij heeft een spanning van 12 V. Hoeveel energie geeft deze batterij aan een lading van 2 C? En hoeveel aan een lading van 0,3 C?

- 4 Hoeveel lading is er nodig om de batterij uit de vorige vraag 42 J energie te laten afgeven? En hoeveel om een energie van 3 J af te geven?

- 5 In de inleiding van dit blok (bladzijde 5) staan 4 vragen, die we in dit blok gaan proberen te beantwoorden. Kun je ze al (een beetje) beantwoorden? Welke vragen kun je al beantwoorden? Wat zijn de antwoorden?

## Spanning meten in serie-schakelingen

- 1 Twee lampjes  $L_1$  en  $L_2$  zijn in serie geschakeld. Elke coulomb lading geeft 2 joule energie in  $L_1$  en 6 joule energie in  $L_2$  af. Hoe groot is de spanning over  $L_1$  en  $L_2$  samen?

- 2 Drie lampjes  $L_1$ ,  $L_2$  en  $L_3$  zijn in serie geschakeld. De spanning is 15 V over deze drie lampen samen, 3 V over  $L_1$  en 2 V over  $L_3$ . Hoeveel elektrische energie geeft één coulomb lading af in  $L_2$ ?

- 3 Op een bepaalde batterij staat 4,5 V. Wat betekent dat?

- 4 Men schakelt 3 batterijen in serie.



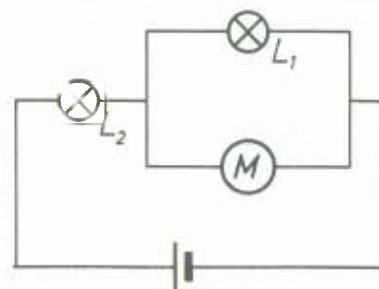
Men meet de spanning tussen A - B, A - C en A - D.  
 $V_{AB} = 4,5 \text{ V}$ ;  $V_{AC} = 6 \text{ V}$ ;  $V_{AD} = 12 \text{ V}$ .  
 Hoe groot is de spanning over elk van de batterijen?

- 5 Bij het spelletje met de coulombs in P 1 heb je een aantal spelregels moeten gebruiken. Probeer eens uit te vinden welke spelregel overeenkomt met de konklusie uit opdracht 6 en 7 van P 2.

## Spanning meten in parallelschakelingen

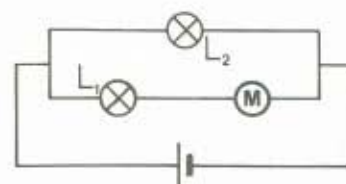
- 1  $L_1$  en  $L_2$  zijn 2 parallelgeschakelde verschillende lampjes.  $L_1$  brandt feller dan  $L_2$ .  
 a Wat weet je van de hoeveelheid energie die één coulomb lading in  $L_1$  en  $L_2$  afgeeft?  
 b Kun je verklaren dat  $L_1$  feller brandt dan  $L_2$ ?

- 2 Hieronder staat een schema van een schakeling met 2 verschillende lampjes en een motor. De spanning over  $L_1$  is 8 V en over  $L_2$  is de spanning 10 V.



Hoe groot is de spanning nu over de motor en de bron?

- 3 Weer een schakeling met 2 verschillende lampjes en een motor: zie tekening. De



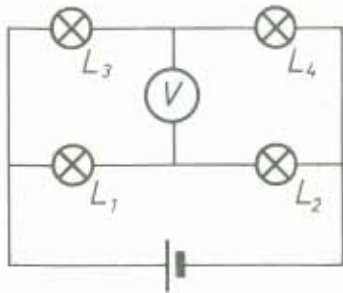
spanning over  $L_1$  is 8 V en over  $L_2$  is de spanning 10 V.  
 Hoe groot is de spanning nu over de motor en de bron?

- 4 Iemand heeft een lamp van 220 V en twee gelijke lampen van 110 V. Hij heeft alleen een spanningsbron van 220 V ter beschikking. Wat voor schakeling moet hij maken om alle drie de lampen te laten branden? Teken deze schakeling.

Iemand zegt: Of je 5 TL-buizen aandoet of maar twee, dat kost evenveel aan elektrische energie. Immers, ze staan parallel en branden dus op dezelfde spanning van 220 V. Per coulomb die uit de bron naar de lampen gaat wordt er 220 joule omgezet. Dat geldt voor twee lampen, maar ook voor vijf lampen. Wat is hierover jouw mening?

6

Bekijk de schakeling die hieronder getekend is.  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  en  $L_4$  zijn lampen van hetzelfde type.



Wat wijst de voltmeter aan? Waarom?

7

Bij een serieschakeling waarin 2 lampen in serie staan met een batterij geldt:

- a de spanning over de lampjes samen is de som van de spanningen over de afzonderlijke lampen.
  - b de stroomsterkte door beide lampen is even groot.
- Hoe luiden a en b als de 2 lampen parallel geschakeld zijn?

## Vermogen

1

In 20 seconde geeft 16 coulomb een energie van 40 joule af in een lamp.

- a Bereken de spanning over de lamp.
- b Bereken de stroomsterkte door de lamp.
- c Bereken het vermogen van de lamp.

2

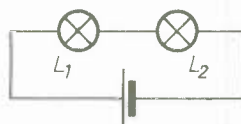
Door een lamp, die is aangesloten op 12 V gaat een elektrische stroom van 4,0 A. Bereken het vermogen.

3

Op een lamp staat 60 W, 120 V. Bereken de stroomsterkte door de lamp wanneer hij is aangesloten op 120 V.

4

Twee lampjes zijn in serie geschakeld.

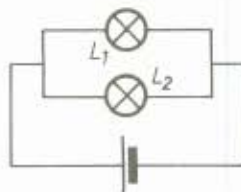


De spanning over lampje  $L_1$  is  $3 \times$  zo groot als de spanning over  $L_2$ .

Wat kun je zeggen over het vermogen van beide lampjes?

5

Twee lampjes zijn parallelgeschakeld.

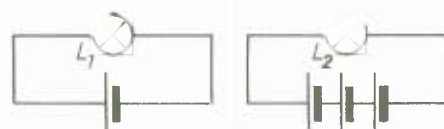


De stroomsterkte door lampje  $L_1$  is  $3 \times$  zo groot dan de stroomsterkte door lampje  $L_2$ .

Wat kun je zeggen over het vermogen van beide lampjes?

6

Je hebt 2 schakelingen.



De spanning over  $L_2$  is  $3 \times$  zo groot als de spanning over  $L_1$ . De stroomsterkte door lampje  $L_2$  is  $2 \times$  zo groot als door lampje  $L_1$ .

Wat kun je zeggen over het vermogen van beide lampjes?

Verklaar je antwoord!

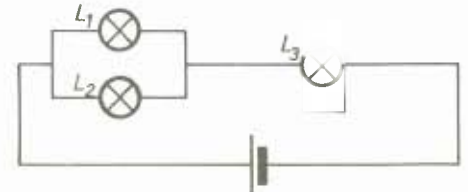
## Weerstand

1

Probeer te bedenken waar de weerstand van een lampje zoal van afhangt.

2

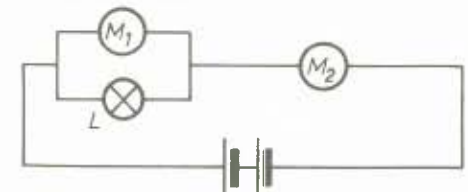
Zie de hieronder getekende schakeling.  $L_1$  en  $L_2$  en  $L_3$  hebben alle dezelfde weerstand.



- a Wat weet je van de stroomsterkte door  $L_1$  en  $L_2$ ?
- b Over welk lampje is de spanning het grootst of is er geen verschil? Waarom?

3

Zie de hieronder getekende schakeling.  $M_1$  en  $M_2$  hebben dezelfde weerstand. De stroomsterkte door  $M_1$  is 3 A. De stroomsterkte door  $M_2$  is 3,5 A.



- a Is de weerstand van  $M_1$  groter, gelijk of kleiner dan die van L?
- b Over welke motor is de spanning het grootst of is er geen verschil? Waarom?

4

Twee lampen met verschillende weerstanden worden in serie geschakeld.

- a Over welke lamp is de spanning het grootst?
- b Welke lamp heeft het grootste vermogen?

De lampen worden nu parallel geschakeld.

- c Door welke lamp is de stroomsterkte het grootst?
- d Welke lamp heeft het grootste vermogen?

5

Je hebt 2 gloeilampen. Op de ene staat 220 V, 60 W; op de andere 220 V, 40 W.

- a Wat is er verschillend aan beide lampen?
- b Waarom kun je bij a beter niet zeggen: het vermogen? (Denk aan proef 6 van P 4!).



## Elektriciteit en energie; spanning

Natuurlijk weet je wel dat een elektrische stroom een hoeveelheid energie heeft. Je kunt vast wel een paar voorbeelden noemen, waaruit blijkt, dat bewegende lading energie kan afgeven.

1

Schrijf hieronder drie voorbeelden, waaruit blijkt, dat een elektrische stroom energie afgeeft en geef aan in welke vorm deze energie wordt omgezet.

Voorbeeld	Elektrische energie wordt omgezet in
a. Stroom door gloeilamp	Lichtenergie, warmte-energie
b.	
c.	
d.	

Als je denkt aan het voorbeeld van een gloeilampje, dat is aangesloten op een batterij, dan zal je het wel niet moeilijk vallen om de volgende vraag te beantwoorden.

2

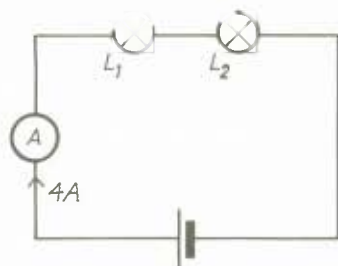
Waar krijgt de lading, die door het lampje en de draadjes stroomt, zijn energie vandaan?

Het wordt echter verwarrend, als blijkt dat we een batterij geen **energie**bron noemen, maar een **spannings**bron.

Waarom moeten we zo nodig spreken over en werken met het nieuwe begrip **spanning**? Is dat dan niet hetzelfde als het begrip **energie**?

Zo neen, wat is dan het verschil tussen energie en spanning?

Na het doorwerken van dit herhaalblad moet je het antwoord op deze vragen kunnen geven.



In bovenstaande schakeling zijn twee verschillende lampjes, een ampèremeter en een batterij in serie geschakeld. De ampèremeter geeft een stroomsterkte van 4A aan.

3

Hoe groot is de stroomsterkte in de batterij?

4

Hoe groot is de stroomsterkte in de beide lampjes?

5

Hoeveel lading passeert er dus in een seconde de batterij?

6

De lading die bij de batterij vertrekt gaat door de beide gloeilampjes. Je kunt aan de gloeilampjes zien, dat de lading daar energie afgeeft.

Hoe?

Kun je nu het antwoord geven op de volgende vraag? Hoeveel energie heeft de batterij opgeleverd?

Als je goed nadenkt, moet je tot de conclusie komen dat je daarop geen antwoord kan geven.

Je weet wel dat de batterij energie geeft aan de passerende lading.

Je weet ook hoeveel lading de batterij passeert, maar wat je niet weet is

Probeer eerst serieus na te denken over datgene dat op de bovenstaande lijntjes moet worden geschreven voor je verder leest.

Vergelijk hetgeen je op de lijntjes geschreven hebt met het volgende:

Om te weten te komen hoeveel energie een batterij levert, moet je **twee** dingen weten:

1. Het aantal lading, dat de batterij passeert.

2. De hoeveelheid energie, die de batterij aan elke coulomb geeft.

Het onder 2. genoemd, moet je op de lijntjes hebben geschreven. Als dat niet gelukt is, overleg dan met je leraar!

Als er meer coulombs de batterij passeren wordt de totale energie die de batterij afgeeft groter. De hoeveelheid energie die de batterij aan een lading van 1 coulomb geeft blijft echter even groot, ongeacht het aantal coulomb dat voorbij komt! Als een dokter gewend is om aan elke patiënt, die bij hem komt, 3 pillen te verstrekken, gaat hij dat aantal toch ook niet veranderen als er meer patiënten komen! Wel raakt zijn voorraad pillen eerder uitgeput naarmate er meer patiënten elk drie komen halen.

Zo zal de batterij eerder uitgeput raken naarmate hij meer coulombs, die elk een hoeveelheid energie bevatten, door de keten stuurt.

Het is dus blijkbaar erg belangrijk om van een bepaalde batterij te weten hoeveel energie hij aan elke coulomb geeft. Daarom spreken we het volgende af:

De hoeveelheid energie, die een batterij aan een lading van één coulomb geeft noemen we de spanning over de batterij. Zo kunnen we ook zeggen: de energie die die coulomb afgeeft in de lampjes noemen we de **spanning** over de lampjes.

**7**  
De spanning wordt gemeten in volt. Hoe kun je de **volt** uitdrukken in **joule** en **coulomb**?

Probeer tenslotte de volgende vragen te beantwoorden. Controleer je antwoorden in het antwoordblad. De uitwerkingen staan er bij. Kom je er desondanks niet uit, pleeg dan overleg met je leraar.

**8**  
Elektrische energie en spanning zijn niet hetzelfde. Spanning heeft wel wat met elektrische energie te maken. Je kunt zeggen:  
De spanning over een onderdeel van een schakeling is de elektrische energie, die in dat onderdeel door

wordt

of

**9**  
*a* Wat is het verschil tussen een 1,5 volts batterij en een 9 volts batterij?  
*b* Wat is het verschil tussen een 1,5 volts lampje en een 4,5 volts lampje?

**10**  
Bereken de spanning over een batterij, die aan een lading van 10 coulomb een energie van 200 joule geeft.

**11**  
Hoeveel energie kan een batterij met een spanning van 100 V geven aan een lading van 4 coulomb?

**12**  
Een batterij met een spanning van 200 V moet 1 000 J aan energie leveren. Hoeveel lading moet er door de batterij stromen?

**13**  
De totale hoeveelheid energie die een batterij levert in een keten hangt af van 1e

2e

3e

## Blok 10 | Herhaalblad 2

### Vermogen en weerstand

**1**  
Voor dit blad moet je precies weten wat de eenheden voor stroomsterkte, spanning en vermogen zijn.

Je gaat die dus eerst opschrijven:

**Stroomsterkte:** 1 ampère

dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

**Spanning:** 1 volt

dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

**Vermogen:** 1 watt

dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

**2**  
Als de stroomsterkte en de spanning gemeten zijn, kun je beredeneren hoe groot het vermogen is.  
De manier van redeneren die je daarbij nodig hebt, komt heel vaak voor en niet alleen in de natuurkunde.  
Hierna volgen een aantal oefeningen (en niet alleen uit de natuurkunde) om je deze redeneringen wat beter eigen te maken.

*a* De spanning over een lamp is 3 V; de stroomsterkte door de lamp 2 A. Je gaat nu uitzoeken hoe groot het vermogen van die lamp is.

De stroomsterkte is 2 A

dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

De spanning is 3 V

dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

Er wordt dus per seconde \_\_\_\_\_ joule

omgezet.

Het vermogen is dus \_\_\_\_\_

*b* 5 appels wegen 1 kg.  
2 kg appels kosten f 1,—.  
Hoeveel appels krijg je per 1 gulden?

*c* Een auto rijdt 96 km per 1 uur.  
Hij gebruikt 1 liter per 10 km.  
Hoeveel benzine heeft hij per uur gebruikt?

*d* Het vermogen van een lamp is 100 W:  
dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

De spanning is 200 V: dat is \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_

Hoe groot is de stroomsterkte of anders gezegd: hoeveel coulomb passert er in 1 seconde?

*e* Een auto rijdt 10 km op 1 l benzine.  
1 liter benzine kost f 1,35.  
Hoeveel kost 1 km rijden aan benzine?

*f* Door een elektrisch apparaat gaat 0,8 A: \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_  
Het elektrisch vermogen dat omgezet wordt is 100 W: \_\_\_\_\_ per \_\_\_\_\_  
Welke spanning staat er over het apparaat?

3

Een lamp brandt, maar hij brandt te 'zwak'.  
Wat bedoelen we met 'te zwak'?

Je kunt hem aansluiten op een hogere spanning dan gaat hij feller branden en zijn vermogen neemt dus toe. Maar dat kan niet eindeloos doorgaan. Als je de spanning te hoog maakt, zet de lamp te veel energie per seconde om. De draad in de lamp wordt te heet en brandt door. Daarom zet de fabrikant meestal op de lamp op welke manier hij aangesloten moet worden.

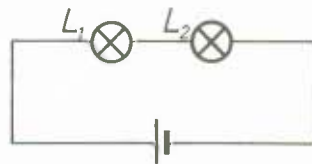
Als je een lamp waarop staat: 220 V en 100 W, op 220 V aansluit dan gaat er \_\_\_\_\_ A door de lamp.

Als je deze lamp op 110 V aansluit wat zie je dan?

Hoe komt dat?

4

$L_1$  en  $L_2$  zijn 2 verschillende lampjes.  $L_2$  heeft een grotere weerstand dan  $L_1$ .

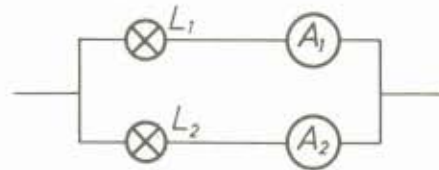


*a* Door welk lampje gaan de meeste coulombs per seconde?

*b* Aan welk lampje geeft één coulomb de meeste energie af?

*c* Over welk lampje staat de grootste spanning?

*d* Welk lampje heeft het grootste vermogen?



Dezelfde lampjes  $L_1$  en  $L_2$  zijn nu parallel geschakeld.

*e* Over welk lampje wordt door één coulomb de meeste energie afgegeven? (Pas op!)

*f* Door welk lampje gaan de meeste coulombs per seconde?

*g* Door welk lampje gaat dus de grootste stroomsterkte?

*h* Welk lampje heeft het grootste vermogen?

Dus bij serieschakelingen heeft het lampje met de grootste weerstand het \_\_\_\_\_ vermogen.

Bij parallelschakelingen heeft dit lampje het \_\_\_\_\_ vermogen.

## Herhaalblad 1

### Elektriciteit en spanning; energie

- 1**  
Een elektromotor aangesloten op een batterij → bewegingsenergie  
Een spoel aangesloten op een batterij → magnetische energie  
Een straalkachel aangesloten op een batterij → warmte.
- 2**  
Van de batterij.
- 3**  
4 A.
- 4**  
4 A.
- 5**  
4 C.
- 6**  
In de lampjes wordt de elektrische energie omgezet in lichtenergie en warmte.
- 7**  
Spanning is de energie, die 1 coulomb opneemt of afstaat. Je kunt ook zeggen: de energie **per** coulomb. De eenheid van spanning (de volt) is dus de eenheid van energie (de joule) per coulomb: 1 volt is 1 joule per coulomb (1 V = 1 J/C).
- 8**  
**Door** een lading van 1 coulomb **wordt** afgegeven **of** opgenomen.
- 9**  
**a** Een 9 volts batterij geeft 6 keer zoveel energie aan elke coulomb mee als een 1,5 volts batterij.  
**b** In een 4,5 volts lampje wordt door elke coulomb 3 keer zoveel energie afgegeven als in een 1,5 volts lampje, mits die lampjes normaal branden.
- 10**  
De energie die de batterij levert bedraagt 200 J. De lading die de batterij passeert is 10 C. Die 10 C krijgt 200 J mee. Dus 1 C krijgt 20 J mee. De spanning over de batterij bedraagt dus 20 J/C = 20 V.
- 11**  
100 V betekent dat 1 C meekrijgt 100 J. Dus 4 C krijgt 400 J mee.
- 12**  
200 V betekent dat er 200 J aan 1 C wordt meegegeven. Er zijn dus 5 C nodig om 1 000 J mee te nemen.
- 13**  
1e: aantal coulomb dat rondgaat in 1 s.  
2e: de energie die elke coulomb meekrijgt.  
3e: de tijd dat de batterij werkt.

### Vermogen en weerstand

- 1**  
1 ampère dat is 1 coulomb per seconde.  
1 volt dat is 1 joule per coulomb.  
1 watt dat is 1 joule per seconde.
- 2**  
**a** 2 A dat is 2 coulomb per seconde.  
3 V dat is 3 joule per coulomb.  
Er wordt per seconde  $2 \times 3 = 6$  joule omgezet.  
Het vermogen is dus 6 W.  
**b** 2 kg appels kosten f 1,—.  
In 1 kg zitten 5 appels. In 2 kg zitten 10 appels.  
Voor f 1,— krijg je dus 10 appels.  
**c** In één uur rijdt de auto 96 km.  
Elke 10 km heeft hij 1 liter benzine verbruikt.  
Na 96 km heeft hij dus 9,6 km liter verbruikt.  
De auto verbruikt per uur 9,6 liter benzine.  
**d** 100 W = 100 joule per seconde.  
200 V = 200 joule per coulomb.  
Dus een  $\frac{1}{2}$  coulomb heeft 100 joule energie.  
Er moet dus **elke** seconde een halve coulomb passeren.  
De stroomsterkte is dus 0,5 A.  
**e** 10 km rijden kost 1 l benzine.  
1 km rijden kost dus  $\frac{1}{10}$  l benzine = 0,1 l benzine.  
Aan geld kost dit  $0,1 \times 135 \text{ ct} = 13,5 \text{ ct}$ .  
**f** 0,8 A: 0,8 coulomb per seconde.  
100 W: 100 joule per seconde.  
0,8 C lading moet dus 100 J energie meenemen elke seconde. Dus elke coulomb moet **125** joule energie meenemen om ervoor te zorgen dat er elke seconde 100 joule energie omgezet kan worden.  
De spanning over de lamp is dus 125 V.
- 3**  
Met te 'zwak' bedoelen we dat hij niet fel genoeg brandt. Hij zet dus te weinig energie per seconde om. Zijn vermogen is te klein.  
220 V betekent 220 joule per coulomb.  
100 W betekent 100 joule per seconde.  
Er moeten elke seconde dus  $\frac{100}{220}$  coulombs passeren.  
 $(\frac{100}{220} \text{ coulombs per seconde} \times 220 \text{ joule per coulomb} = 100 \text{ joule per seconde})$ .

De stroomsterkte door de lamp is dan  $\frac{100}{220} \text{ A}$

Je ziet dan dat de lamp zwak of helemaal niet brandt. Dat komt omdat zijn vermogen bij 110 V veel kleiner is dan het vermogen bij 220 V. Elke coulomb neemt dan immers maar 110 joule mee in plaats van 220 joule. Elke seconde wordt dan ook minder joule omgezet.

- 4**  
**a** Door beide lampjes gaan evenveel coulombs per seconde.  
**b** Aan het lampje met de grootste weerstand: L<sub>2</sub>. Dat kost immers de meeste moeite.  
**c** Elke coulomb geeft aan L<sub>2</sub> meer joule af dan aan L<sub>1</sub>. De spanning over L<sub>2</sub> is het grootst.  
**d** Door beide lampjes gaan elke seconde evenveel coulombs. Maar die coulombs geven in L<sub>2</sub> de meeste energie af. Het vermogen van L<sub>2</sub> is het grootst.  
**e** Over beide lampjes wordt per coulomb evenveel energie afgegeven.  
**f** Door het lampje met de **kleinste** weerstand: L<sub>1</sub> (de gemakkelijkste weg).  
**g** Door lampje L<sub>1</sub>.  
**h** In beide lampjes wordt door elke coulomb evenveel joule afgegeven. Door L<sub>1</sub> gaat per seconde meer coulomb. Er wordt per seconde ook meer energie afgegeven. Het vermogen van L<sub>1</sub> is het grootst.  
Grootste - kleinste.



## Veiligheid bij elektriciteit

Elektriciteit is een erg goed bruikbare vorm van energie. Maar er zijn ook gevaren aan verbonden. In dit blad worden enkele gevaren van het lichtnet genoemd, en er wordt gekeken wat daartegen gedaan kan worden.

### A

#### Warmteontwikkeling.

Een van de effecten van elektriciteit is warmte-ontwikkeling. Soms kan hiervan nuttig gebruik gemaakt worden. Denk bijvoorbeeld aan een koffiezetapparaat, elektrische boiler en straalkachel. Maar dit effect van elektriciteit kan ook brandgevaar opleveren.

Wanneer er erg veel stroom door de leidingen loopt, kunnen de leidingen warm worden. De isolatie van de leiding kan smelten, waardoor er kortsluiting ontstaat. Daardoor wordt de stroomsterkte nog groter en er treedt nog meer warmte-ontwikkeling op. Zo kan er brand ontstaan.

Een beveiliging hiertegen is de **smeltzekering**. Deze slaat door wanneer de stroomsterkte een bepaalde waarde te boven gaat (zie ook T 5 uit blok 8 en T 4 van blok 10).

De toepassing van de smeltzekering zul je ook verderop in dit blad weer tegenkomen.

### B

#### Aanraking.

Misschien heb je bij de bovenleiding van een trein of tram, of bij een hoogspanningsmast wel eens de waarschuwing gelezen:

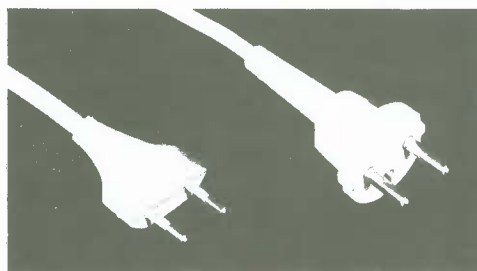
#### AANRAKEN DER DRADEN LEVENSGEVAARLIJK.

Hoewel de spanning van het lichtnet heel wat lager is, geldt deze waarschuwing ook daar. Daarom zijn er allerlei maatregelen genomen om te voorkomen, dat je met de spanning van het lichtnet in aanraking komt.

#### Maatregel 1: isolatie

Het belangrijkste en eenvoudigste middel is isolatie. Zoals je misschien weet, bestaat een snoer uit een kern van koperdraad (soms een ander metaal), en een omhulsel van plastik of rubber. Het omhulsel is er om te voorkomen dat je het geleidende koper kunt aanraken. Van-

daar dat beschadigingen aan een snoer gevaarlijk zijn. Vooral op de plaats waar het snoer aan de stekker vastzit, kan er wel eens iets misgaan.



Daarom zijn er tegenwoordig ook snoeren en verlengsnoeren, waarbij snoer en stekker tezamen uit één stuk rubber bestaan. Soms kom je ook wel dubbel geïsoleerde apparaten tegen.

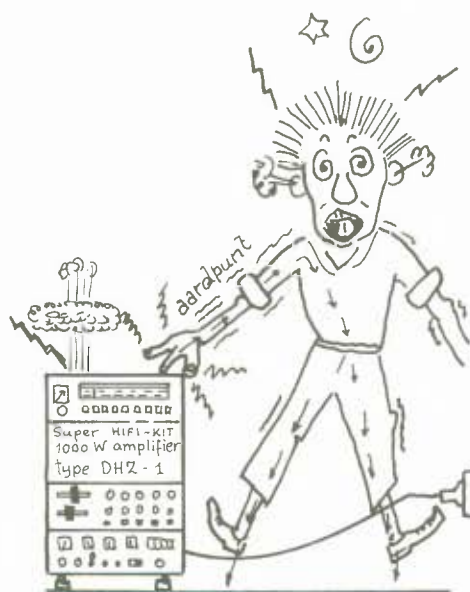
Deze apparaten zijn dan extra goed geïsoleerd en mogen ook gebruikt worden in ruimtes, waar maatregel 2 (wordt hierna besproken) niet is genomen.

#### Maatregel 2: aarden

In vochtige ruimtes, bijvoorbeeld de keuken, zijn alle stopcontacten 'geaard'. Je ziet hier aan de bovenkant en onderkant (of opzij) van het stopcontact twee metalen strips.



Deze strips zijn geleidend verbonden met de aarde. Vandaar de naam geaard stopcontact.



Zonder (rand)aarde

Waarom is zo'n aardverbinding nu zo belangrijk voor de veiligheid?

Om dit duidelijk te maken, moet je je de volgende situatie voorstellen.

Je staat bijvoorbeeld met natte voeten op een stenen vloer (denk aan badkamer of keuken). Jouw lichaam en de stenen vloer geleiden de stroom behoorlijk goed. Wanneer je nu met de handen een apparaat aanraakt, waarvan de buitenkant onder spanning staat (bijvoorbeeld ontstaan door een defekte isolatie), gaat er stroom lopen door jouw lichaam. Met andere woorden: je krijgt een elektrische schok. Als de buitenkant van het apparaat daarentegen geaard is, kan de elektrische stroom direct naar de aarde wegstromen. De buitenkant is dan door een extra draad verbonden met de strips van het stopcontact.

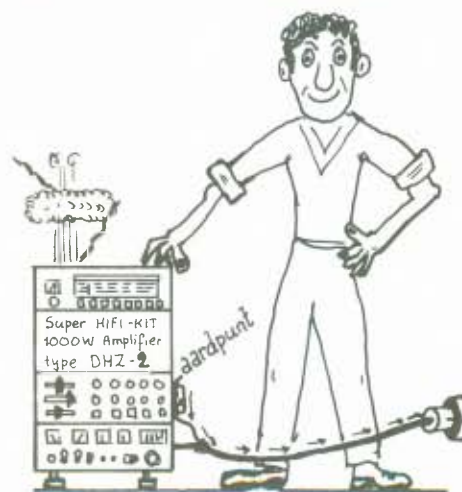
Omdat dit directe wegstromen naar de aarde erg gemakkelijk kan verlopen, neemt de stroomsterkte heel snel toe, waardoor de smeltzekering doorslaat. Zodra de smeltzekering doorslaat, staat de buitenkant van het apparaat niet meer onder spanning en dus is er gelegenheid het defect op te sporen. Bij het opsporen van defekten is het dan wel belangrijk te weten, welke afspraak er gemaakt is over de kleuren van de elektriciteitsdraden. Sinds 1 juli 1969 geldt de volgende afspraak:

De nul-draad: **blauw**  
(was vroeger rood)

De stroomdraad: **bruin**  
(was vroeger groen)

De aard-draad: **groen-geel**  
(was vroeger grijs)

De schakel-draad: **zwart**  
(was vroeger al zwart)

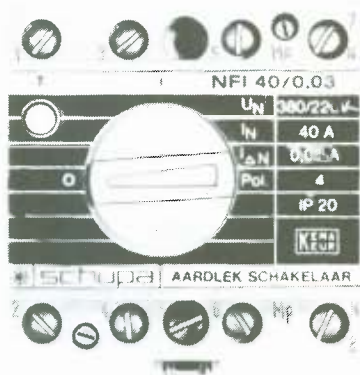
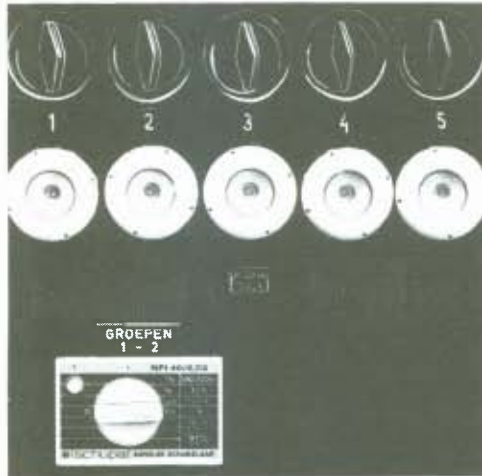


Met (rand)aarde

### Maatregel 3: een aardlekschakelaar

Helaas zijn er situaties waarbij het aarden op foutieve manier gebeurt. Vaak wordt er geaard door een koperbuis meters diep de grond in te slaan. Maar uit de scheikunde weet je wel dat koper op den duur groen uitslaat, als het lang aan vocht wordt bloot gesteld. Het geleidt de stroom dan ook minder goed naar de aarde, waardoor de gevaren binnenshuis worden vergroot.

Een uitkomst voor dit probleem, biedt de aardlekschakelaar.



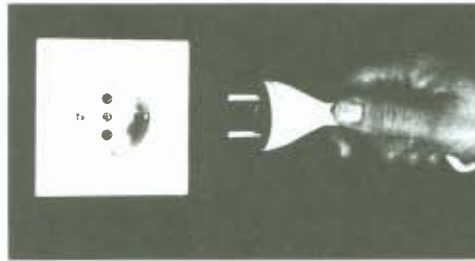
In deze schakelaar zit een schakeling, die zo slim is gebouwd dat de stroom die een huis ingaat vergeleken wordt met de stroom die het huis verlaat. Als de inkomende en uitgaande stroom niet gelijk is, moet er ergens een 'lek' zijn. In dat geval schakelt de aardlekschakelaar zichzelf uit. Dan staat er geen spanning meer op de leidingen.

Als je het 'lek' gevonden en gerepareerd hebt, kun je de schakelaar weer inschakelen.

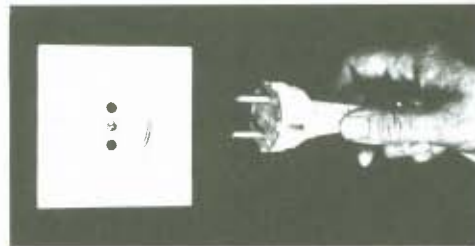
In vele nieuwbouwwoningen wordt tegenwoordig direct een aardlekschakelaar ingebouwd in de kast waar ook de smeltzekeringen hun plaats hebben.

### Maatregel 4: konstruktie van veilige stekkers en stopkontakten

In de vorm van stekkers en stopkontakten zit een bepaald systeem.



Een niet geaarde stekker past alleen maar in een niet geaard stopkontakt. Zo kun je nooit het idee hebben dat een apparaat geaard is, alleen maar door een geaard stopkontakt te nemen.



Een geaarde stekker past op alle stopkontakten. Als je dus zo'n stekker gebruikt in een niet geaard stopkontakt, moet je wel bedenken dat je apparaat niet geaard is.

Gevaarlijke situaties kunnen zich voordoen wanneer je bijvoorbeeld een geaarde wasmachine direkt of met een verlengsnoer aansluit op een niet geaard stopkontakt.

### Vragen en opdrachten

1

Ga thuis na welke maatregelen er zijn genomen om het gebruik van elektrische energie veilig te laten verlopen.

Let er speciaal op welke maatregelen in welke ruimtes zijn genomen.

2

Dubbelgeïsoleerde toestellen hebben een platte stekker die in alle stopkontakten past. Waarom is dit niet gevaarlijk?

3



Waarom kunnen de situaties, die je boven ziet afgebeeld, zeer gevaarlijk zijn?

4

Bekijk thuis eens de kast waar de smeltzekeringen in zitten. Vaak zijn er 2 of meer smeltzekeringen per woning.

Waarom wordt dit gedaan?

Hoeveel ampère kan er maximaal door de zekeringen bij jou thuis?



## Zelf spanningsbronnen maken

### Inleiding.

Bij scheikunde heb je misschien al eens elektrolyse van water gezien. Wat je daarbij deed was een elektrische stroom door het water sturen. Om het water de stroom beter te laten geleiden had je eerst wat zwavelzuur toegevoegd. Het gevolg van de stroom was dat zich gasen gingen ontwikkelen; het water ging ontleden. Door elektrische energie aan het water toe te voeren ontleedde het water zich.

Je zou ook kunnen zeggen:

Bij een elektrolyse-proef wordt elektrische energie omgezet in chemische energie.

Je vraagt je dan natuurlijk meteen af, of het omgekeerd ook zou kunnen: kun je chemische energie ook omzetten in elektrische energie?

In dit extra blad zullen we proberen een antwoord op die vraag te vinden. We zullen ook proberen uit te zoeken aan de hand van een aantal chemische reacties of er nog verschil is in de hoeveelheid elektrische energie die geproduceerd wordt. Tenslotte zullen we nog de werking van een batterij en een akku onderzoeken.



### Citroenzuur-batterij

**1** Een sinaasappel of citroen als spanningsbron.

Je gaat nu een proef doen met o.a. citroensap.

**Let op: citroensap is, vooral bij hogere temperatuur, een bijtende vloeistof. Mors dus niets op kleren of huid.**

**a** Neem nu twee stukjes ijzerdraad en steek die in een citroen of sinaasappel. De draadjes mogen elkaar niet raken. Meet

met een gevoelige voltmeter de spanning tussen beide draden.

De spanning is V.

**b** Steek nu een stukje koperdraad en een stukje ijzerdraad in de citroen of sinaasappel. Meet opnieuw de spanning.

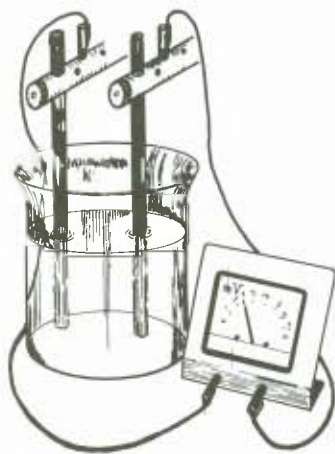
De spanning is V.

### Konklusie:

Om chemische energie om te zetten in elektrische energie, is het nodig dat de twee polen van verschillend materiaal zijn gemaakt, zodat ze ook verschillend met de vloeistof reageren.

**2**

We gaan nu onderzoeken wat de invloed is van de soort vloeistof in de spanningsbron op de geleverde spanning en wat de invloed is van het soort materiaal waarvan de polen gemaakt zijn. Om dit te onderzoeken gebruiken we een bron, waarvan zowel de polen als de vloeistof verwisselbaar zijn. In het dagelijkse leven spreken we van elektrode in plaats van pool. Dat zullen we ook doen in het vervolg.



Maak de opstelling uit bovenstaande figuur. Probeer nu zoveel mogelijk paren

van elektroden bij elkaar te krijgen en meet de spanning over de elektroden als die in respectievelijk water, pekkel en verdund zwavelzuur zijn geplaatst. Let bij het uitvoeren van de proeven op het volgende:

**a** Schuur de elektroden voor elke proef even af met schuurpapier **en spoel ze schoon met gedestilleerd water.** Waarom moet dat?

**b** Doe de proeven in de volgorde: in water, in pekkel en tenslotte in verdund zwavelzuur.

Vul de tabel hieronder in.

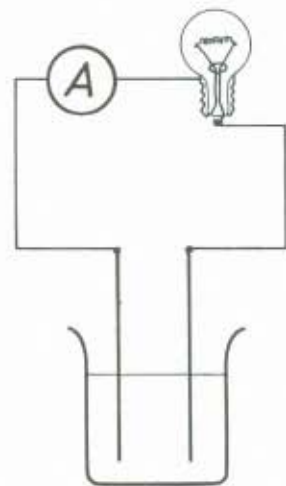
In welke combinatie is de spanning het grootst

**3**

Sluit de spanningsbron van proef 2 (gebruik de combinatie die de hoogste spanning levert) aan op een gevoelige ampèremeter in serie met een lampje (1,2 V). Maak de elektroden goed schoon! Schuur ze eventueel nog even!

Noteer hoe lang het lampje brandt en noteer hoe lang de ampèremeter een uitslag geeft.

Vind je je spanningsbron er één die in de praktijk bruikbaar is? Waarom?



Elektroden	Gemeten spanning		
	In water	In pekkel	In verdund zwavelzuur
Koper en ijzer			
Koper en aluminium			
Koper en koolstof			
IJzer en aluminium			
IJzer en koolstof			
IJzer en zink			
Zink en koolstof			
Zink en aluminium			
Aluminium en koolstof			
Koper en zink			



Geef me eens snel tien kilo citroenen, anders gaan m'n lampen uit...

4

Een 4,5 V batterij en een akku (6 V of 12 V) zijn op hetzelfde principe gebaseerd. Probeer door eigen onderzoek (maak eventueel gebruik van boeken uit de bibliotheek) de volgende vragen te beantwoorden:

- a Welke vloeistof gebruikt men in een akku? Welke in een 4,5 V batterij?
- b Hoeveel elektroden heeft een 6 V akku? Hoe zijn deze geschakeld? Hoe groot is de spanning over de eerste en de tweede elektrode?
- c Van welke materialen zijn de elektroden in een 4,5 V batterij en een akku gemaakt?
- d Teken een doorsnede van een 4,5 V batterij en van een akku.
- e Welk voordeel heeft een 4,5 V batterij boven een akku?
- f Welk voordeel heeft een akku boven een 4,5 V batterij?

5

Ook een appel bezit chemische energie, die kan worden omgezet in elektrische energie.

Als je wilt weten hoe je met deze energie een fluittoon kunt produceren, moet je eens in het tijdschrift Archimedes kijken (14e jaargang, nummer 1). Je kunt deze zogenaamde 'appelfluit' zelf bouwen.

## Luchtelektriciteit

Je kent waarschijnlijk wel het 'drukkende' gevoel voor een naderend onweer! Men beweert, dat bij zware onweders de dieren al de bliksem 'voelen aankomen'; de hond blaft een onderdeel van een seconde vóór de bliksemflits, de kippen geven alarm. Hoe zit dat nu met die bliksem? Tijdens proeven met de Van de Graaff-generator of de Whimshurst-machine (blok 8) heb je vast wel eens de overspringende vonken gezien! Je zou kunnen spreken van 'kleine bliksempjes'. In werkelijkheid ontstaat de bliksem wel door een iets ingewikkelder proces dan de vonken!

De vonken ontstaan doordat de lucht tussen twee sterke, tegengestelde ladingen plotseling 'doorslaat':

De lucht (normaal een goede isolator) wordt ineens geleidend. Dit gebeurt pas bij zeer hoge spanningen! Als vuistregel geldt dat er ongeveer 10.000 V per cm lucht nodig is. Voor een vonk door 2 cm lucht is dus een spanning van 20.000 V nodig, enz. Met de Van de Graaff-generator kun je makkelijk deze hoge spanningen maken.

### Proef 1.

Onderzoek met de Van de Graaff-generator (of de Whimshurst) wat de maximale afstand is, waarover je nog een vonk kan laten overspringen. Herhaal de proef nog eens.

Welke spanning hoort daarbij?

De Van de Graaff-generator (die je nu niet meer laat draaien) is na één vonk niet helemaal ontladen.

Schuif je de bol (verbonden met de -pool) dichterbij de kap (+pool) dan zie je bij een bepaalde afstand weer een vonkje overspringen.

### Proef 2.

Stel de Van de Graaff-generator en de bol in op maximale afstand (zie proef 1) en ga na hoeveel vonkjes er in totaal kunnen overspringen en bij welke afstanden.

Herhaal deze proef een paar keer.

Noteer je resultaten in een zelf gemaakte tabel hieronder.

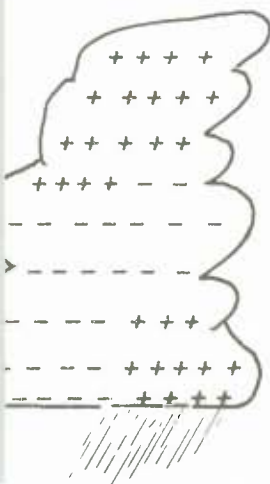
### Tabel van je metingen

Ook bij het ontstaan van de bliksem, spelen grote ladingen een rol. Onweerswolken blijken aan de bovenkant positief en aan de onderkant negatief geladen te zijn; maar er is bijna altijd ook een geïsoleerd gebied van positieve lading helemaal onderaan, daar waar de lucht het snelst opstijgt en de plensregen valt.

Van het totaal aantal bliksemontladingen bereikt ongeveer 40% de aarde (de rest is tussen wolken onderling). Hiervan voert ongeveer 90% negatieve lading naar de aarde. De aarde is dan ook altijd negatief geladen. De ontlading vindt plaats met een geweldige snelheid (ongeveer 150.000 km/s!). In zeer korte tijd (0,001 s) loopt circa 20 coulomb lading van de wolk naar de aarde.



Hoogte in km	Temp. in °C
12	-55
10	-45
8	-33
6	-18
4	-7
2	+5



### Vraag 1.

Hoe groot is dan de stroomsterkte?

Door deze sterke stroom wordt de lucht ter plaatse verhit tot een temperatuur van 30.000 C° en de druk loopt op tot 20 atmosfeer (de normale luchtdruk is 1 atmosfeer!), wat een schokgolf en de donderknal veroorzaakt.

Met behulp van de donder kan je de afstand tussen jou en de bliksem bepalen, want:

- de bliksem zie je meteen als hij optreedt,
- de donderknal komt later, omdat het geluid er langer over doet om je te bereiken: de geluidssnelheid is ongeveer 340 m/s.

Als je dus de tijd meet tussen bliksem en knal kun je uitrekenen hoe ver die bliksem van jou verwijderd is.

### Vraag 2.

Schrijf zo duidelijk mogelijk op hoe je dat doet.

De bliksemafleider zorgt ervoor dat de bliksem zonder brand te veroorzaken (denk aan de grote stroom!) naar de aarde wordt afgevoerd. Hij moet boven de omringende gebouwen en bomen uitsteken en verbonden zijn met de aarde. Daardoor krijgt de punt van de bliksemafleider dezelfde spanning als de aarde (dus

0 volt), waardoor vlakbij de punt een zeer groot spanningsverschil per cm ontstaat. De bliksem slaat dan bij voorkeur over naar de punt van de bliksemafleider.

### Proef 3.

Je gaat in deze proef de zogenaamde 'spitswerking' onderzoeken.

a Laad de Van de Graaff (of Whimshurst) op met pluim. Houd bij de kap een vlammetje.

Wat neem je waar?

### Verklaring:

Door de vlam wordt de lucht geleidend gemaakt, daardoor stroomt de lading van de kap door de lucht weg.

b Laad de Van de Graaff op. Nader nu de kap met een spitse naald, bevestigd aan een geïsoleerde houder en verbonden met de voet van de Van de Graaff generator. Wat gebeurt er?

### Verklaring:

Ook nu wordt de lucht door de spitse naald blijkbaar geleidend gemaakt! Op de punt van de naald komt een zeer grote hoeveelheid lading, waardoor de lucht om de spits niet meer isoleert. Er ontstaan positieve en negatieve luchtmolekulen (zogenaamde ionen). Eén soort ionen wordt door de punt van de naald afgestoten: er ontstaat dus een luchtstroom van de punt af.

### Proef 4.

a Verbind de naald in de geïsoleerde houder met een pool van de Van de Graaff-generator. Zet vlak voor de spits van de naald een kaarsvlam. Laad de Van de Graaff op.

Wat neem je waar?

Verklaar dit!

b Als je proef 4a in het donker doet kan je bovendien nog iets bijzonders aan de punt van de naald zien (als deze voldoende is opgeladen).

Wat zie je?

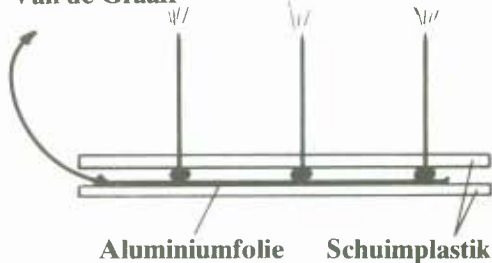
Lukt dit ook met de andere pool van de Van de Graaff?

Dit verschijnsel heet Sint Elmusvuur.

c Een andere proef om dit te laten zien, gaat als volgt:

Naar

Van de Graaff



Je prikt een aantal spelden door een stuk schuimplastik en verbind de koppen van de spelden met elkaar door een draadje. (Je kunt de koppen van de spelden ook op een stuk aluminium leggen. Zorg er wel voor dat er geen scherpe punten aan het aluminium zitten).

Je verbindt de spelden met de juiste pool van de Van de Graaff, terwijl de andere pool geaard is.

In het donker kun je dan het verschijnsel weer waarnemen bij de speldepunten (houd je hand er vlak boven als er weinig te zien is).

St. Elmusvuur ontstaat bij onweersachtig weer, sneeuw- of hagelval en altijd op vooruitstekende voorwerpen: bliksemafleiders, torenspitsen, masten, vliegtuigen, struiken, zelfs op snorharen!

De bovengenoemde positieve en negatieve luchtmolekulen (ionen) blijken ook invloed te hebben op ons lichaam. Al in 1931 ontdekte de Duitse onderzoeker F. Dessauer dat negatieve ionen een gunstige invloed hebben op lichaam en geest, terwijl positieve ionen schadelijke effecten geven.

Zo is dat 'drukkende' gevoel vlak voor onweer te wijten aan een teveel aan positieve ionen in de lucht. Het verfrissende gevoel ná zo'n onweer komt door een overmaat aan negatieve ionen, die met de onweersbui uit de wolken worden meegevoerd. Zo bevat de gezonde berglucht veel negatieve ionen. Niet geventileerde, 'bedompte' kamers daarentegen veel

positieve ionen! Ook is bijvoorbeeld gemeten dat elektrische straalkachels en sommige 'airconditioners' veel positieve ionen produceren. Dit is een heel probleem bij onderzeeboten!

Hooikoorts- en asthmapatiënten vinden baat bij negatieve ionen. Deze stimuleren de trilhaarbeweging in de bronchieën, waardoor de luchtwegen vrij van stof en andere verontreinigingen gehouden worden.

### **Proef 5.**

Je gaat in deze proef onderzoeken of de vochtigheid van de lucht een rol speelt bij het ontstaan van vonken.

Je hebt in deze proef de volgende materialen tot je beschikking:

- een verstuiver om de lucht te bevochtigen;
- de Van de Graaff-generator;
- een geïsoleerde bol (zie proef 1);
- eventueel een hygrometer om de vochtigheid te meten;
- een föhn (of straalkachel) om de lucht droog te maken.

Bepaal zelf hoe je je meting doet en verwerkt.

### **Overige vragen en opdrachten.**

**3**

Teken de vorm van een overspringende vonk bij lage en zeer hoge spanning. Is er verschil?

**4**

Welke kleur hebben de vonken?

**5**

Zoek in een encyclopedie op hoe de bliksem nu precies ontstaat en bij welke weersomstandigheden.

**6**

Wat is de voorslag en wat de hoofdslag van een bliksem? Zoek dat eventueel op.

**7**

Wat is St. Elmusvuur en wanneer is het te zien? Zoek het eventueel op.

Wie was St. Elmus?

**8**

Wat zijn bolbliksems? Zoek dit eventueel op.

**9**

Is poollicht ook een soort bliksem. Zoek eventueel op.

**10**

Probeer meer te weten te komen over ionen. Vraag ook je scheikundeleraar.