

## ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Schakelingen](#)

[Stroom, Spanning & Weerstand](#)

[Stroomsterkte & Lading](#)

[Spanning & Energie](#)

[Weerstand](#)

[Geleidingsvermogen](#)

[Wet van Ohm](#)

[Vervangingsweerstand](#)

[Serieschakelingen](#)

[Parallelschakelingen](#)

[Wet van Kirchhoff \(I\)](#)

[Wet van Kirchhoff \(U\)](#)

[Vermogen](#)

[Schuifweerstand](#)

[Spanningsdeler](#)

[Soortelijke weerstand](#)

[Bijzondere weerstanden](#)

[Huisinstallatie](#)

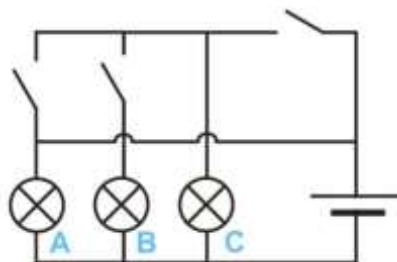
[Kilowattuur](#)



### 1 Lampjes

Drie lampjes zitten aangesloten op een batterij volgens onderstaand schema.

- Welk van de lampjes brandt in deze situatie?
- Welk lampje gaat branden als de schakelaar rechtsboven gesloten wordt?
- Welke van de twee overgebleven schakelaars moet gesloten worden om alle lampjes te laten branden?



### 2 Schema

Teken een schema van onderstaande schakelingen.

- Een lampje aangesloten op een batterij zodanig dat het lampje continu brandt.
- Twee lampjes aangesloten op een batterij met voor elk lampje een aparte schakelaar.
- Een weerstand en een ampèremeter in serie aangesloten op een batterij.

- d Twee weerstanden in serie aangesloten op een batterij met parallel aan ieder van de weerstanden een voltmeter.

### 3 Bliksemafleider

Tijdens een onweersbui ontladst een negatief geladen wolk met een totale lading van  $-1800$  Coulomb in één keer al zijn lading naar de aarde via een bliksemafleider op een hoog gebouw. De inslag duurt  $2,5$  ms.

- In welke richting bewegen de elektronen zich tijdens de inslag.
- In welke richting loopt de stroom tijdens de inslag?
- Bereken de gemiddelde stroomsterkte in de bliksemafleider tijdens de inslag.

### 4 Koper

Een metaal geleidt stroom omdat een deel van de elektronen in staat is om zich vrij door het metaal te bewegen. Het percentage vrije elektronen hangt af van de materiaalsoort. In koper is één van de 29 elektronen van elk koperatoom een vrij elektron. In een koperen draad met een diameter van  $1,0$  mm en een lengte van  $30$  cm bevinden zich  $2,0 \cdot 10^{22}$  koperatomen.

- Hoeveel elektronen zitten er in de draad?
- Hoeveel vrije elektronen zitten er in de draad?
- Hoe groot is de totale lading aan vrije elektronen die zich in de draad bevindt?
- Door de draad loopt een stroom van  $1,0$  A van links naar rechts. Hoe groot is de gemiddelde snelheid van de vrije elektronen?
- In welke richting bewegen de vrije elektronen door de draad?

### 5 Volt

In een schakeling kan alleen stroom blijven lopen als er een spanningsbron is. De spanningsbron 'pompt' lading rond en zorgt er voor dat de lading zijn energie onderweg afgeeft. De energie die de spanningsbron hiervoor gebruikt wordt, wordt in de schakeling omgezet in een andere energiesoort zoals warmte, licht of beweging. De hoeveelheid energie die per eenheid lading wordt omgezet wordt spanning genoemd.

$$U = \frac{E_{el}}{Q}$$

U = Spanning (V)

$E_{el}$  = Elektrische energie (J)

Q = getransporteerde lading (C)

- Leg aan de hand van de formule uit dat Volt hetzelfde is als Joule per Coulomb.
- Leg aan de hand van de formule uit dat de spanningsbron alleen energie verbruikt als er stroom loopt.
- Waar komt de energie vandaan die een spanningsbron gebruikt als de spanningsbron

gebruikt wordt om een stroom te laten lopen?

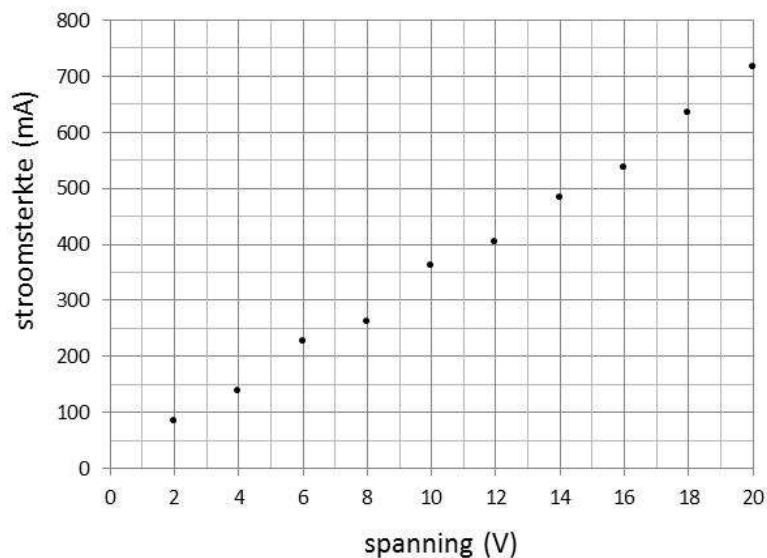
## 6 Inslagspanning

Tijdens een blikseminslag verplaatst een lading van 640 Coulomb zich binnen 4,5 ms tussen een wolk en het aardoppervlak. Hierbij komt de gigantische hoeveelheid van 320 MJ aan energie vrij in de vorm van licht, geluid en warmte. Bereken de gemiddelde spanning tussen de wolk en de aarde tijdens de blikseminslag.

## 7 Ohmse weerstand

Bij een natuurkundepracticum moet Lotte de weerstand van een Ohmse weerstand bepalen. Ze heeft hiervoor bij verschillende spanningen de stroom door een weerstand gemeten. Ze heeft van haar resultaten onderstaande grafiek gemaakt. Ze bedenkt dat hoe groter de gemeten waarde is hoe kleiner relatief de meetfout dus ze kiest de grootste stroom en spanning voor haar berekening. Ze leest een stroom van 720 mA af bij een spanning van 20 V

- Op welke weerstand komt Lotte met deze stroom en spanning?
- Leg uit waarom deze manier niet de meest nauwkeurige manier is.
- Bepaal aan de hand van de grafiek de weerstand.



## 8 Gloeilampje

Een gloeilamp is een voorbeeld van een niet-ohmse weerstand. Doordat het gloeidraadje heet wordt als er stroom door loopt neemt de weerstand toe bij toenemende stroom en spanning. In tegenstelling tot ohmse weerstanden is  $R$  niet constant. Kaj meet de stroom en spanning door een gloeilampje. Bij een spanning van 2,0 V meet hij een stroom van 0,20 A.

- Hoe groot is de weerstand van het lampje in deze situatie?
- Hoe groot zou de stroomsterkte door het lampje bij 4,0 V zijn als het lampje wél een Ohmse weerstand zou zijn?

- c Kaj meet bij een spanning van 4,0 V een stroom die 12,5% lager is dan wanneer het lampje een Ohmse weerstand zou zijn. Bereken de weerstand van het lampje bij een spanning van 4,0 V.
- d Kaj verwacht dat de weerstand bij 7,0 V nog groter zal zijn, maar in ieder geval kleiner dan 20  $\Omega$ . Leg uit waarom Kaj dit denkt.

## 9 Isolator

- a Omcirkel het juiste woord: Een isolator is een voorwerp met een *grote/kleine* geleidbaarheid en een *grote/kleine* weerstand.
- b Zet de volgende materialen in volgorde van oplopende geleidbaarheid:  
Glas, Koper, Lood, Rubber, IJzer, Kurk  
(Gebruik BINAS tabel 8,9,10)

## 10 Geleidbaarheid

Bepaal de geleidbaarheid (G) van de onderstaande voorwerpen.

- a Een ohmse weerstand van  $R = 47 \text{ k}\Omega$ .
- b Een draad waar bij een spanning van 230 V een stroom van 0,35 A loopt.
- c Een rubberen isolator met een weerstand van 200 M $\Omega$ .

## 11 Waterzuiverheid

Om de zuiverheid van water te testen wordt de geleidbaarheid gemeten tussen twee elektrodes met ieder een oppervlakte van 1 cm<sup>2</sup> op een vaste afstand van 1 cm van elkaar. Hoe meer ionen er in het water zitten hoe beter het water geleidt. Zeer puur water heeft een geleidbaarheid van 0,050  $\mu\text{S}$ . Kraanwater heeft een geleidbaarheid die een 10000 keer groter is en zeewater een geleidbaarheid die een miljoen keer groter is. Om de zuiverheid van een hoeveelheid water te testen wordt er een spanning van 30 V tussen twee elektrodes gezet. Hierbij wordt een stroom van 1,5 mA gemeten.

- a Ga met een berekening na of dit puur water zou kunnen zijn.
- b Hoeveel stroom zou er zijn gemeten als het zeewater was?
- c Het is voor een goede meting belangrijk de afstand tussen de elektrodes constant te houden. Leg uit waarom.

## 12 Samenstellen

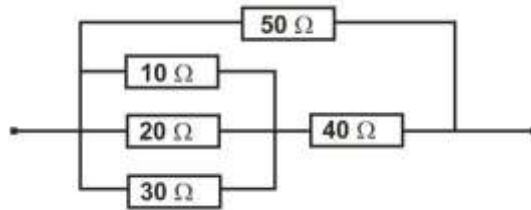
Mimoun heeft een bakje met weerstanden van elk 3,0 k $\Omega$ . Hij stelt ze steeds op een andere manier samen om steeds een andere vervangingsweerstand te krijgen. Bereken de vervangingsweerstand die Mimoun krijgt met...

- a Twee weerstanden in serie
- b Twee weerstanden parallel
- c Drie weerstanden parallel

- d Mimoun heeft een weerstand nodig van 2,0 k $\Omega$ . Hoe kan Mimoun deze weerstand maken met alleen weerstanden van 3,0 k $\Omega$ . Teken een schema.

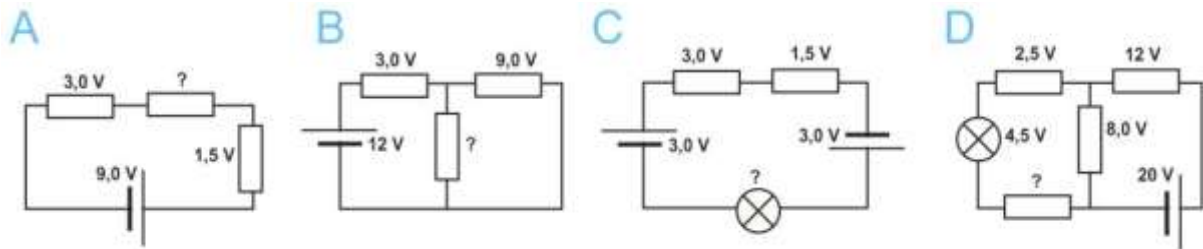
### 13 Vervangingsweerstand

Bereken de vervangingsweerstand van onderstaande schakeling.



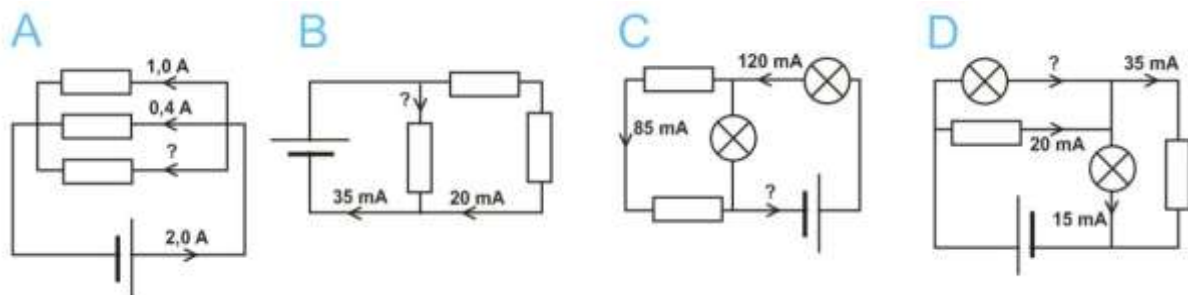
### 14 Spanningswet

Bepaal in de schakelingen hieronder telkens de spanning op de plaats van het vraagteken. Gebruik hierbij de spanningswet van Kirchhoff.



### 15 Stroomwet

Bepaal in de schakelingen hieronder telkens de stroomsterkte op de plaats van het vraagteken. Gebruik hierbij de stroomwet van Kirchhoff.



### 16 Serieschakeling

Drie weerstanden worden in serie aangesloten op een spanningsbron van 12 V. Voor de weerstanden geldt  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$  en  $R_3 = 300 \Omega$ .

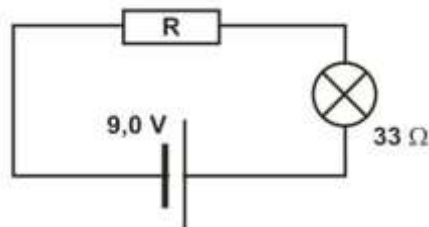
- Teken een schema van de schakeling
- Laat met een berekening zien dat de stroom die door de weerstanden loopt 20 mA is. Bereken daarvoor eerst de vervangingsweerstand.
- Bereken met de wet van Ohm de spanning over elk van de drie weerstanden.

- d In een serieschakelingen geldt dat de verhoudingen tussen de deelspanningen hetzelfde zijn als de verhoudingen tussen de afzonderlijke weerstanden. Je had hiermee ook de spanning over iedere weerstand kunnen bepalen zonder eerst de stroom te berekenen. Laat zien dat je op deze manier op dezelfde spanningen uitkomt.

### 17 Doorbranden

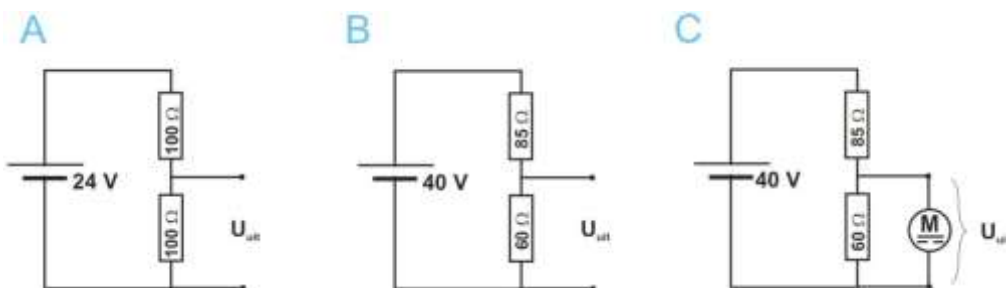
Op een gloeilampje staat geschreven "6,0 V / 33 Ω". Als er een grotere spanning op komt te staan gaat het lampje stuk. Om het lampje te laten branden op een batterij van 9,0 V wordt het lampje aangesloten in serie met een weerstand R (zie onder).

- a Bereken hoe groot de weerstand R moet zijn om ervoor te zorgen dat de spanning over het lampje 6,0 V is.  
 b Leg uit wat er zou gebeuren als de weerstand R vervangen zou worden door een tweede lampje identiek aan het eerste lampje.



### 18 Spanningsdeler

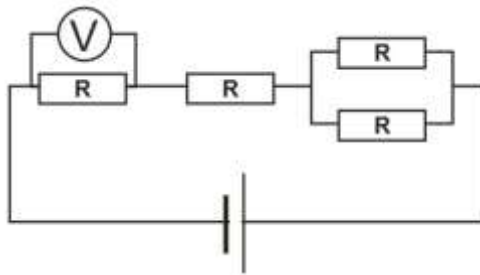
Een veelgebruikte manier om een hoge spanning om te zetten in een lagere spanning is een spanningsdeler. Hierbij wordt de spanningsbron aangesloten op twee weerstanden die in serie staan. De spanning over één van de weerstanden wordt vervolgens gebruikt als spanningsbron. Hieronder staan drie schakelingen waarin een hoge spanning wordt omgezet in een lagere spanning. Bereken in elke situatie de grootte van de uitgangsspanning van de spanningsdeler. In schakeling C is een elektromotor met een weerstand van 100 Ω aangesloten op de spanningsdeler.



### 19 Spanningsbron

Vier identieke weerstanden zitten aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand

schema. De spanningsmeter geeft een spanning van 1,6 V aan. Bereken de spanning van de spanningsbron.



## 20 Parallelschakeling

Drie weerstanden worden parallel aan elkaar aangesloten op een spanningsbron van 24 V. Voor de weerstanden geldt  $R_1 = 60 \Omega$ ,  $R_2 = 80 \Omega$  en  $R_3 = 120 \Omega$ .

- Teken een schema van de schakeling
- Bereken de vervangingsweerstand van de schakeling en bereken hiermee de hoofdstroom die er gaat lopen.
- Bereken met de wet van Ohm de deelstroom door elk van de drie weerstanden en laat zien dat de som van de deelstromen weer gelijk is aan je antwoord op vraag b.
- Antoine zegt dat voor een parallelschakeling geldt:

*“De verhoudingen tussen de deelstromen zijn hetzelfde als de verhoudingen tussen de weerstanden”*

Carlijn zegt is het hier niet mee eens. Zij zegt dat voor een parallelschakeling geldt:

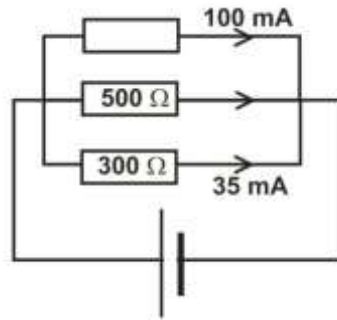
*“De verhoudingen tussen de deelstromen zijn hetzelfde als de verhoudingen tussen de geleidingsvermogens van de weerstanden”*

Laat met een berekening zien wie er gelijk heeft.

## 21 Drie weerstanden

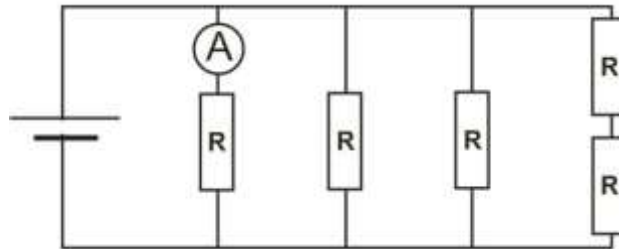
Drie weerstanden staan aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand schema. De stroom door de onderste weerstand is 35 mA.

- Bereken met de wet van Ohm de stroom door de weerstand van  $500 \Omega$ . Bereken hiervoor eerst de spanning over de weerstand van  $300 \Omega$ .
- Laat zien dat je op hetzelfde antwoord komt als je gebruik maakt van de verhouding tussen de geleidingsvermogens van de weerstanden van 300 en  $500 \Omega$ .
- Hoe groot moet de bovenste weerstand zijn om ervoor te zorgen dat er een stroom van 100 mA door loopt?



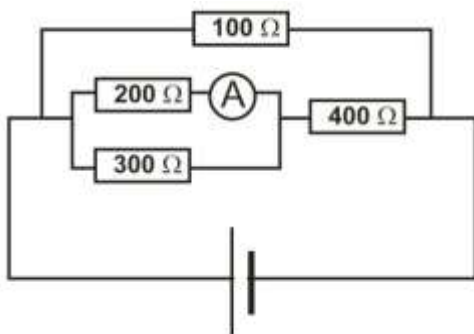
## 22 Hoofdstroom

Vijf identieke weerstanden zitten aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand schema. De stroommeter meet een stroom van 2,8 mA. Bereken de grootte van de hoofdstroom.



## 23 Puzzelen

Vier weerstanden staan volgens onderstaand schema aangesloten op een spanningsbron. De stroom door de weerstand van 200 Ω bedraagt 54,0 mA. Bepaal door logisch redeneren en combineren de stroom en spanning voor alle vier de weerstanden.



R (Ω)	U (V)	I (mA)
100		
200		54,0
300		
400		

## 24 Draadweerstand

Wouter heeft de weerstand van een koperen draad met een diameter van 0,50 mm en een lengte van 80 cm berekend. Hij komt uit op een weerstand van 0,069 Ω . Om te testen of dit



klopt spant hij de draad op tussen twee paaltjes zet op de draad een spanning van 0,50 V. Wouter verwacht een stroomsterkte van 7,2 A maar meet een stroom van 3,8 A.

- Laat zien dat de berekening die Wouter heeft gemaakt kloppen.
- Wouter ziet dat de draad een klein beetje inzakt als de stroom erdoor loopt. Zijn theorie is dat de draad opwarmt als er stroom door loopt waardoor de draad uitzet. Door de langere draad is ook de weerstand hoger. Laat met een berekening zien dat het langer worden van de draad geen verklaring kan zijn voor de kleinere stroomsterkte. Bereken daarvoor hoe lang de draad zou moeten worden om de gemeten stroom te kunnen verklaren.
- Wat is volgens jou de verklaring voor de afgenomen stroomsterkte?

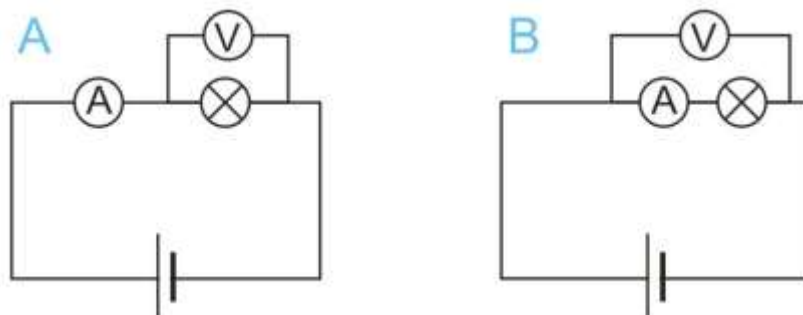
## 25 Meetschakeling

Sandra en Willemijn willen de stroom door een lampje en de spanning over het lampje meten. Ze hebben hiervoor de keuze uit twee verschillende schakelingen (zie onder).

Sandra zegt: *“Schakeling A is niet goed: De stroommeter meet zo namelijk niet alleen de stroom die door het lampje gaat maar ook de stroom die door de voltmeter gaat.”*

Willemijn zegt: *“Schakeling B is niet goed: De spanningsmeter meet zo niet alleen de spanning over het lampje maar ook de spanning over de stroommeter”*.

Welke schakeling kunnen ze het beste kiezen? Leg uit waarom.

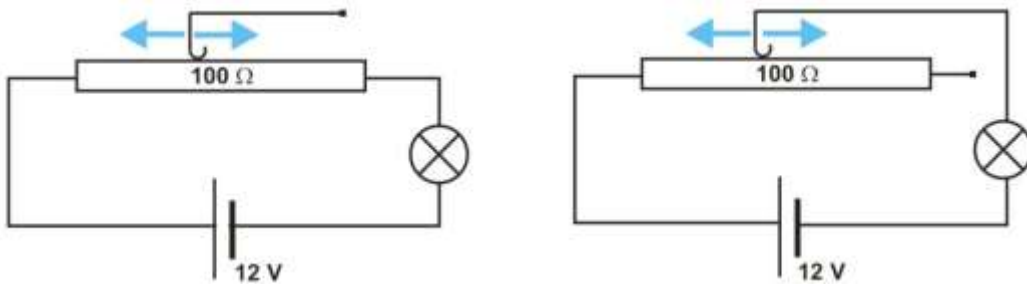


## 26 Schuifweerstand

Een schuifweerstand bestaat uit een lange weerstand waarop een glijcontact is aangebracht. Door het veranderen van de positie van het glijcontact wordt de weg die de stroom door de weerstand moet afleggen langer of korter en zo kan de weerstand veranderd worden. Floor gebruikt een schuifweerstand van  $100 \Omega$  om een dimmer te maken voor een lampje. Op het lampje staat gedrukt *“12 V / 50  $\Omega$ ”*.

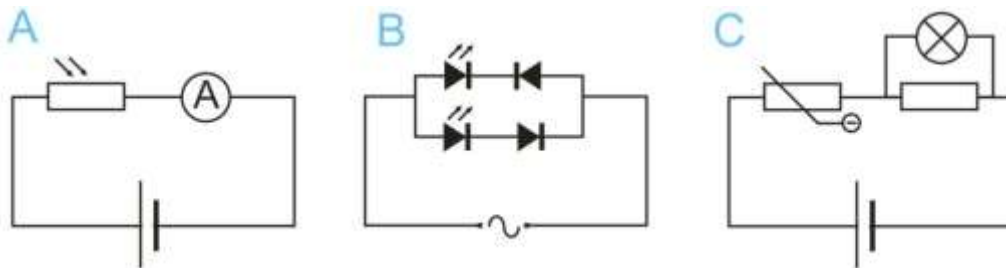
- Floor bouwt eerst de linker schakeling (zie hieronder). Deze blijkt het niet te doen. Het lampje brandt wel zwak maar het glijcontact heeft geen invloed op het lampje. De rechter schakeling blijkt het wél te doen. Leg uit waarom.
- Om het lampje op zijn felst te laten branden moet Floor het glijcontact helemaal naar de uiterste stand schuiven. Leg uit of dit naar links of naar rechts moet.

- c Als Floor het lampje wil dimmen blijkt dat het lampje niet helemaal uitgaat. Zelf in de uiterste stand blijft het lampje nog zwak branden. Floor heeft berekend dat in deze situatie de totale weerstand  $150 \Omega$  is en dat er nog een stroom moet lopen van  $80 \text{ mA}$ . Ben jij het met Floor eens?
- d Het is mogelijk om met dezelfde componenten een dimmer te bouwen waarbij het wél mogelijk is om de lamp helemaal uit te dimmen. Teken het schema van de schakeling die hiervoor nodig is.



## 27 Bijzondere weerstanden

Hieronder staan 3 schakelingen waarin gebruik wordt gemaakt van diodes, LED's, NTC en LDR. Leg van elke schakeling in je eigen woorden uit wat de schakeling doet.



## 28 Vermogen

Vermogen is de hoeveelheid elektrische energie die per seconde omgezet wordt. Voor vermogen geldt de formule  $P = U \cdot I$ . Leidt deze formule af uit onderstaande definities van stroomsterkte en spanning.

$$U = \frac{E_{el}}{Q}$$

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

$U$  = spanning (V)

$E_{el}$  = elektrische energie (J)

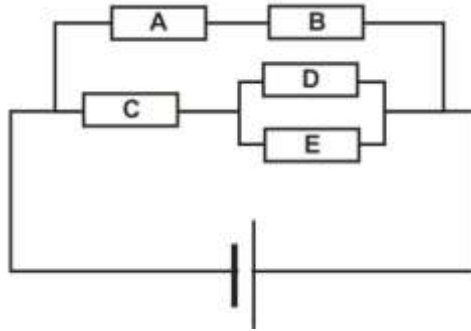
$Q$  = getransporteerde lading (C)

$I$  = stroomsterkte (A)

$t$  = tijdsduur (s)

## 29 Opwarmen

Alle weerstanden in onderstaande schakeling hebben dezelfde  $R$ . Bereken welk van de weerstanden het warmst wordt.



### 30 Gloeidraad

Winnie doet een proef met een gloeidraad. Ze spant een draad gemaakt van constantaan met een lengte van 30 cm en een diameter van 0,40 mm op tussen twee paaltjes. Wat Winnie niet weet is dat er een kleine beschadiging in de draad zit. Halverwege is de diameter niet 0,40 mm maar 0,30 mm. De lengte van de beschadiging is 1,0 mm.

- Winnie heeft berekend dat de weerstand van de draad  $1,1 \Omega$  is. Laat met een berekening zien dat de beschadiging bij deze nauwkeurigheid geen invloed heeft op de totale weerstand.
- Winnie zet een spanning van 2,0 V over de draad waardoor deze roodgloeiend wordt. Bereken het vermogen wat omgezet wordt in warmte & straling.
- Als de rest van de draad roodgloeiend is, ziet Winnie dat de plaats van de beschadiging eerst oranje, dan geel wordt. Vervolgens breekt de draad op de plaats van de beschadiging. Leg uit hoe dit kan. Bereken hiervoor eerste de weerstand per mm draad op de plek van de beschadiging en vergelijk dit met de rest van de draad.
- Dat een draad juist op het dunste stuk breekt zou nog worden verergerd als Winnie geen constantaandraad maar een koperdraad had gebruikt. Leg uit waarom.

### 31 LED lamp

Een oude gloeilamp van 60 W wordt vervangen door een LED lamp van 11 W die dezelfde lichtopbrengst heeft. Beide lampen zijn bedoeld voor aansluiting op het lichtnet (230 V).

- Bereken voor beide lampen de stroomsterkte die er door de lamp loopt als deze wordt aangesloten.
- Hoeveel geld wordt er in een jaar bespaard door het vervangen van de lamp. Gemiddeld staat de lamp 4 uur per etmaal aan. Ga hierbij uit van een elektriciteitsprijs van € 0,20 per kWh.
- Het rendement van de LED lamp bedraagt 48%. Bereken het rendement van de gloeilamp.
- Jaco beweert "De extra energie die de gloeilamp produceert gaat niet verloren maar wordt omgezet in warmte. Dit betekent dat er met een gloeilamp minder verwarming

*nodig is en dat de LED lamp eigenlijk geen besparing oplevert.*". Ben jij het met Jaco eens? Leg uit.

### 32 Penlite

Op een 1,5 V penlite batterij staat gedrukt "3000 mAh". mAh staat voor milliampereuur. Dit betekent dat de batterij een uur lang een stroom van 3000 mA kan leveren.

- Hoeveel Joule aan energie bevat de batterij?
- Twee volle batterijen van dit type worden in een LED zaklantaarn gestopt. De zaklantaarn verbruikt 0,40 W. Bereken hoeveel uur de zaklamp kan blijven branden op de batterijen.
- Waarom is het antwoord op vraag b slechts een benadering van de werkelijke brandduur?

### 33 Zekering

In de badkamer staat de wasdroger met een vermogen van 2075 W te draaien. De badkamer is beveiligd met een zekering van 10 A. Nathalie wil in de badkamer haar haar föhnen.

- Wat mag het maximale vermogen van de föhn zijn zonder dat de stoppen doorslaan?
- De föhn van Nathalie heeft een vermogen van 1500 W. Dit betekent dat ze haar föhn niet kan gebruiken. Om in de toekomst tóch de wasdroger en de föhn tegelijkertijd te kunnen gebruiken wordt besloten om de badkamer te beveiligen met een grotere zekering van 16A. Laat met een berekening zien dat de föhn en de wasdroger nu wel gelijktijdig gebruikt kunnen worden.

### 34 Beveiliging

In woonhuizen is de elektrische installatie beveiligd met aardlekschakelaren en zekeringen. Hieronder staan een aantal gevaarlijke situatie beschreven. Leg in elk situatie uit of de stroom wordt uitgeschakeld door de aardlekschakelaar of door het doorbranden van de zekering.

- De draadjes zitten niet goed vast in een stekker waardoor de twee draden contact met elkaar maken en er kortsluiting ontstaat.
- Door een losse draad in een metalen bureaulamp komt er 230 V op de buitenkant van de lamp te staan. Als je de lamp aanraakt krijg je een schok.
- Je zet een elektrische kachel, een broodrooster en een waterkoker tegelijkertijd aan waardoor er teveel stroom gaat lopen.

## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 3 Bliksemafleider

c  $7,2 \cdot 10^5$  A

### 4 Koper

- a  $5,8 \cdot 10^{23}$
- b  $2,0 \cdot 10^{22}$
- c  $-3,2 \cdot 10^3$  C
- d  $9,4 \cdot 10^{-5}$  ms<sup>-1</sup>

### 6 Inslagspanning

a 500 kV

### 7 Ohmse weerstand

- a 28 Ω
- c 29 Ω

### 8 Gloeilampje

- a 10 Ω
- b 0,40 A
- c 11 Ω

### 10 Geleidbaarheid

- a  $2,1 \cdot 10^{-5}$  S
- b  $1,5 \cdot 10^{-3}$  S
- c  $5,0 \cdot 10^{-9}$  S

### 11 Waterzuiverheid

b 1,5 A

### 12 Samenstellen

- a 6,0 kΩ
- b 1,5 kΩ
- c 1,0 kΩ

### 13 Verv. weerstand

a 24 Ω

### 14 Spanningswet

- a 4,5 V
- b 9,0 V
- c 1,5 V
- d 1,0 V

### 15 Stroomwet

- a 0,6 A
- b 15 mA
- c 120 mA
- d 30 mA

### 16 Serieschakeling

c 2,0 / 4,0 / 6,0 V

### 17 Doorbranden

a 17 Ω

### 18 Spanningsdeler

- a 12 V
- b 17 V
- c 12 V

### 19 Spanningsbron

a 4,0 V

### 20 Parallelschakeling

b 0,90 A

### 21 Drie weerstanden

a 21 mA

c  $1,1 \cdot 10^2$  Ω

### 22 Hoofdstroom

a 9,8 mA

### 29 Opwarmen

a C

### 30 Gloeidraad

b 3,7 W

### 31 LED lamp

- a 0,26 A / 0,048 A
- b € 14
- c 8,8 %

### 32 Penlite

- a 16 kJ
- b 23 uur

### 33 Zekering

a 225 W

