

ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN – HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde

Foton is gratis te downloaden via natuurkundeuitgelegd.nl/foton

Uitwerkingen van alle opgaven staan op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

Videolessen over de theorie zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Schakelingen](#)

[Stroom, Spanning & Weerstand](#)

[Stroomsterkte & Lading](#)

[Weerstand](#)

[Geleidingsvermogen](#)

[Wet van Ohm](#)

[Vervangingsweerstand](#)

[Serieschakelingen](#)

[Parallelschakelingen](#)

[Vermogen](#)

[Schuifweerstand](#)

[Spanningsdeler](#)

[Soortelijke weerstand](#)

[Bijzondere weerstanden](#)

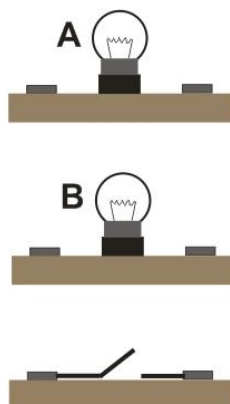
[Huisinstallatie](#)

[Kilowattuur](#)

1 Schakeling

Lucia wil een schakeling bouwen met twee lampjes. Lampje A moet altijd branden. Lampje B moet met een schakelaar aan- en uitgezet kunnen worden.

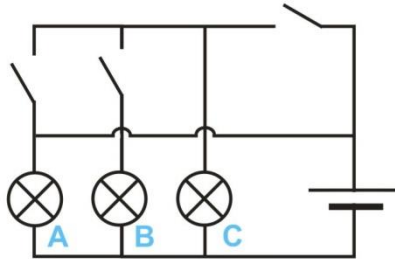
- Teken hieronder de verbindingen tussen de componenten die Lucia moet aansluiten.
- Teken hieronder rechts het schema van de schakeling die ze gebouwd heeft.



2 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?



3 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.
- Twee weerstanden in serie aangesloten op een batterij met parallel aan ieder van de weerstanden een voltmeter.

4 Stroom

Bas en Irene hebben een schakeling gebouwd waarmee ze de stroom door een lampje meten. Ze meten hierbij een stroomsterkte van 1,4 A.

- Waar staat de afkorting A voor?
- Hoeveel lading verplaatst zich per seconde door het lampje?
- Bereken hoeveel lading er in totaal door het lampje stroomt als het lampje 15 minuten brandt.
- Bas en Irene zijn het niet eens over wat er met deze lading is gebeurd. Volgens Bas is deze lading door het lampje verbruikt. Volgens Irene komt de lading er aan de andere kant van het lampje gewoon weer uit en is de lading dus niet verbruikt. Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

5 Spanningsbron

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.

Leg uit...

- a Waarom er energie nodig is om stroom door een lampje te laten lopen.
- b Dat een spanningsbron geen energie verbruikt als er geen stroom loopt.
- c Waar de energie vandaan komt die een spanningsbron nodig heeft om stroom te laten lopen.

6 Wet van Ohm

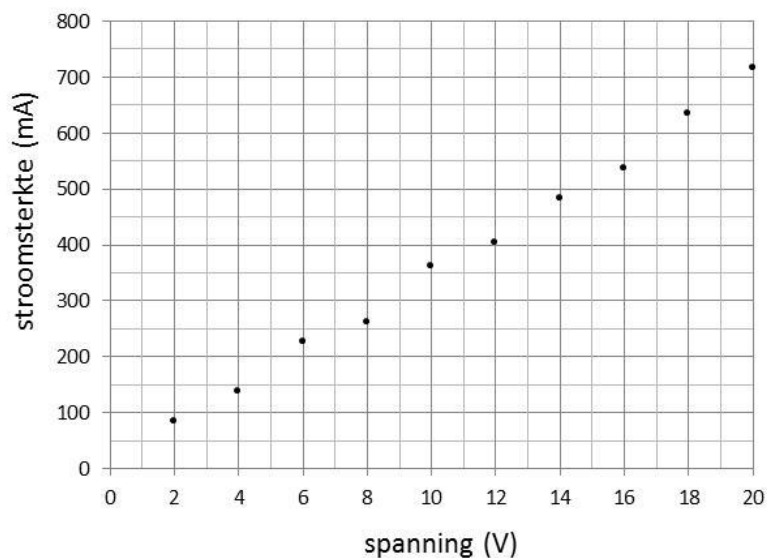
Gebruik bij elk van onderstaande vragen de wet van Ohm:

- a Door een draad loopt bij een spanning van 4,5 V een stroom van 0,20 A. Bereken de weerstand van de draad.
- b Een weerstand van 35 Ω wordt aangesloten op een spanningsbron van 12 V. Bereken hoeveel stroom er gaat lopen.
- c Hoeveel spanning is er nodig om door de weerstand van 300 Ω een stroom van 2,0 A te laten lopen?

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

- a Op welke weerstand komt Lotte met deze stroom en spanning?
- b Leg uit waarom deze manier niet de meest nauwkeurige manier is.
- c 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?
- 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.
- Kaj verwacht dat de weerstand bij 7,0 V nog groter zal zijn, maar in ieder geval kleiner dan 20Ω . Leg uit waarom Kaj dit denkt.

9 Isolator

- Omcirkel het juiste woord: Een isolator is een voorwerp met een *grote/kleine* geleidbaarheid en een *grote/kleine* weerstand.
- 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.

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

11 Waterzuiverheid

Om de zuiverheid van water te testen wordt de geleidbaarheid gemeten tussen twee elektrodes met ieder een oppervlakte van 1 cm^2 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.

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

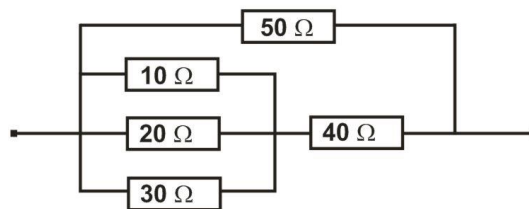
12 Samenstellen

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

- Twee weerstanden in serie
- Twee weerstanden parallel
- Drie weerstanden parallel
- Mimoun heeft een weerstand nodig van $2,0 \text{ k}\Omega$. Hoe kan Mimoun deze weerstand maken met alleen weerstanden van $3,0 \text{ k}\Omega$. Teken een schema.

13 Vervangingsweerstand

Bereken de vervangingsweerstand van onderstaande schakeling.



14 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 $R_3 = 300 \Omega$.

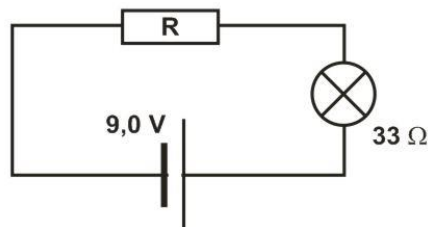
- Teken hieronder een schema van de schakeling
- Laat met een berekening zien dat de stroom die door de weerstanden loopt 20 mA is. Bereken hiervoor eerst de vervangingsweerstand.
- Bereken met de wet van Ohm de spanning over elk van de drie weerstanden. Vul je antwoorden in in de tabel hieronder.
- In een serieschakelingen geldt dat de verhoudingen tussen de deelspanningen hetzelfde zijn als de verhoudingen tussen de afzonderlijke weerstanden. Laat zien dat de weerstand en de spanning hieronder een verhoudingstabel vormt.

Weerstand	Spanning
100Ω	
200Ω	
300Ω	

15 Doorbranden

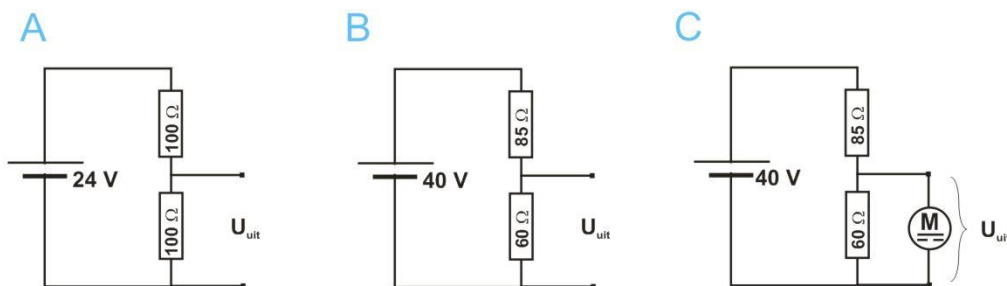
Op een gloeilampje staat geschreven "6,0 V / 33 Ω ". Als er een grotere spanning op komt te staan gaat het lampje stuk. Om het lampje te laten branden op een batterij van 9,0 V wordt het lampje aangesloten in serie met een weerstand R (zie onder). Door deze weerstand wordt de spanning van het lampje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

- Bereken hoe groot de weerstand R moet zijn om ervoor te zorgen dat de spanning over het lampje 6,0 V is. Aanwijzing: de spanning over het lampje moet $\frac{2}{3}$ worden van de totale spanning.
- Leg uit wat er zou gebeuren als de weerstand R vervangen zou worden door een tweede lampje identiek aan het eerste lampje.



16 Spanningsdeler

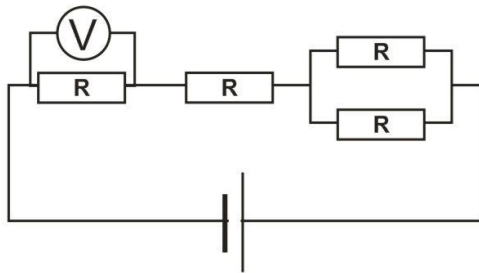
Een veelgebruikte manier om een hoge spanning om te zetten in een lagere spanning is een spanningsdeler. Hierbij wordt de spanningsbron aangesloten op twee weerstanden die in serie staan. De spanning over één van de weerstanden wordt vervolgens gebruikt als spanningsbron. Hieronder staan drie schakelingen 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.



17 Bronspanning

Vier weerstanden van ieder 20 Ω zitten aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand schema. Op de linker weerstand staat een spanningsmeter aangesloten. De spanningsmeter geeft een spanning van 1,6 V aan.

- Bereken met de wet van Ohm de stroom die er door de linker weerstand loopt.
- Leg uit waarom het antwoord op vraag a ook meteen de hoofdstroom is.
- De vervangingsweerstand van de hele schakeling is 50Ω . Ga dit na met een berekening.
- Bereken de bronspanning (de spanning van de spanningsbron).
- Een van de twee rechterweerstanden wordt weggehaald. Beredeneer of de gemeten spanning over de linker weerstand groter of kleiner wordt (geen berekening).



18 Parallelschakeling

Drie weerstanden van 60 , 80 en 120Ω staan parallel aan elkaar aangesloten op een spanningsbron van 24 V .

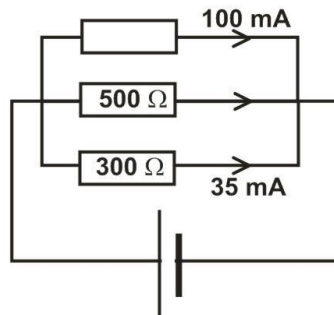
- Teken hieronder een schema van de schakeling.
- Laat met een berekening zien dat de vervangingsweerstand van de schakeling $26,67 \Omega$ is.
- Bereken hiermee de hoofdstroom die er gaat lopen.
- In een parallel schakeling is de spanning over elk van de weerstanden gelijk aan de totale spanning. De spanning over alle weerstanden is dus 24 V . Bereken met de wet van Ohm de deelstroom door elk van de drie weerstanden. Vul je antwoord in in de tabel hieronder.
- Antoine zegt dat voor een parallelschakeling geldt: *“De hoofdstroom verdeelt zich zó dat de deelstromen evenredig zijn met de weerstanden”*. Carlijn zegt is het hier niet mee eens. Zij zegt dat voor een parallelschakeling geldt: *“De hoofdstroom verdeelt zich zó dat de door de laagste weerstand juist de grootste stroom loopt”*.
Leg uit wie er gelijk heeft.

Weerstand	Stroom
60Ω	
80Ω	
120Ω	

19 Drie weerstanden

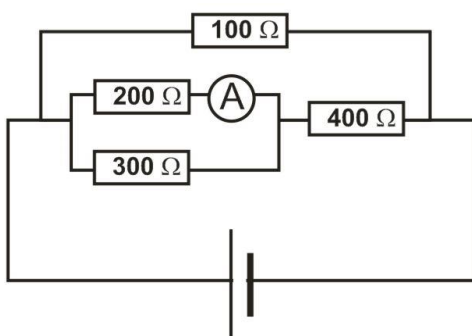
Drie weerstanden staan aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand schema. De stroom door de onderste weerstand is 35 mA.

- Bereken met de wet van Ohm de spanning over de weerstand van 300 Ω .
- Bereken met de wet van Ohm de stroom door de weerstand van 500 Ω . Aanwijzing de spanning over componenten die parallel staan is altijd gelijk.
- 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 Ω en de stroom.
- Hoe groot moet de bovenste weerstand zijn om ervoor te zorgen dat er een stroom van 100 mA door loopt?



20 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		

21 Draadweerstand

Bereken de weerstand van...

- Een koperdraad van 0,50 mm dik met een lengte van 25 cm.
- Een constantaandraad van 0,10 mm dik met een lengte van 2,0 cm.
- Een hoogspanningsleiding die over een afstand van 5,0 km elektriciteit vervoert van een

elektriciteitscentrale naar een woonwijk. De leiding is gemaakt van staal (99% Fe, 0,8% C) en heeft een dikte van 9,0 mm.

22 Koperdraad

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 $0,069 \Omega$. 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?

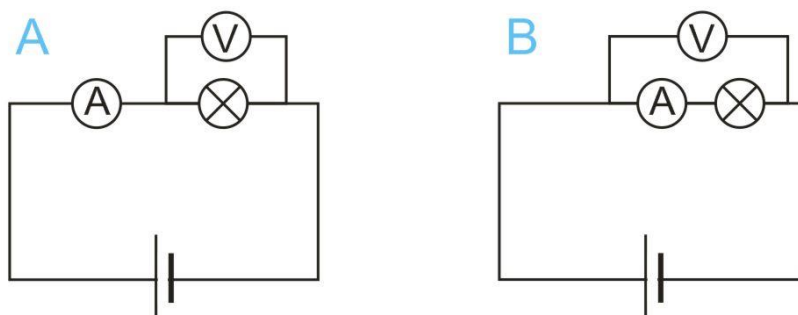
23 Meetschakeling

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.

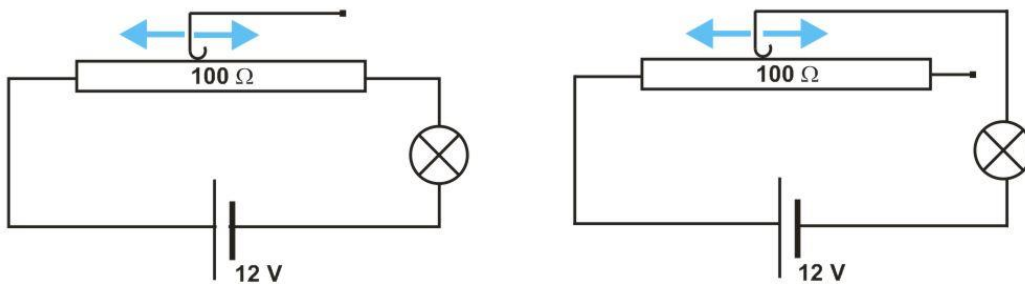


24 Schuifweerstand

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 100Ω om een dimmer te maken voor een lampje. Op het

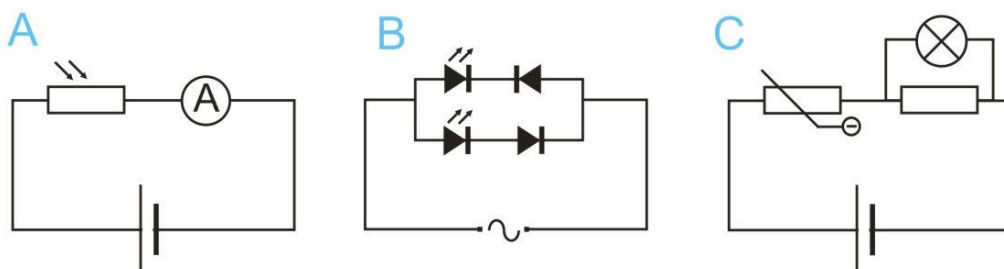
lampje staat gedrukt "12 V / 50 Ω".

- 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.
- 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 Ω is en dat er nog een stroom moet lopen van 80 mA. Ben jij het met Floor eens?
- 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.



25 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.



26 Vermogen

Vermogen is de hoeveelheid elektrische energie die per seconde omgezet wordt in een andere energiesoort. Voor vermogen geldt de formule onderstaande formule. Het vermogen van elektrische apparaten wordt meestal gegeven in Watt (W), maar soms kom je ook wel de "VoltAmpère" (VA) tegen als eenheid van vermogen.

- Leg aan de hand van de formule uit dat W en VA hetzelfde zijn.

- b Leidt aan de hand van BINAS tabel 5 af dat de eenheid W gelijk is aan $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$.
- c Leidt aan de hand van BINAS tabel 5 af dat de eenheid VA ook gelijk is aan $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$.

$$P = U \cdot I$$

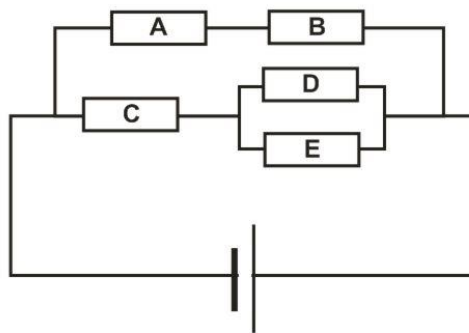
P = vermogen (W)

U = spanning (V)

I = stroomsterkte (A)

27 Opwarmen

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



28 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.

29 Capaciteit

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. Dit wordt ook wel de *capaciteit* van een batterij genoemd.

- Laat met een berekening zien dat het door de batterij afgegeven vermogen 4,5 W is bij een stroomsterkte van 3000 mA.

- b Hoeveel Joule aan energie bevat de batterij? Bereken hiervoor energie er wordt afgegeven als de batterij een uur lang het vermogen uit de vorige vraag afgeeft.
- c 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.
- d Waarom is het antwoord op vraag b slechts een benadering van de werkelijke brandduur?

30 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.

- a Wat mag het maximale vermogen van de föhn zijn zonder dat de stoppen doorslaan? Bereken hiervoor eerst het vermogen bij de maximale stroomsterkte van 10 A.
- b 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.

31 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.

- a De draadjes zitten niet goed vast in een stekker waardoor de twee draden contact met elkaar maken en er kortsluiting ontstaat.
- b 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.
- c Je zet een elektrische kachel, een broodrooster en een waterkoker tegelijkertijd aan waardoor er teveel stroom gaat lopen.

32 Transformator

Een transformator is een apparaat dat wisselspanning om kan zetten in hogere of lagere spanning. In de lader van een smartphone zit een transformator die de spanning van het stopcontact van 230 V omzet in een spanning van 5,0 V.

- a Tijdens het opladen van de telefoon loopt er een stroom van 1,2 A naar de telefoon. Bereken het vermogen wat voor het opladen verbruikt wordt.
- b Het vermogen dat de transformator uit het stopcontact ontvangt moet minstens even groot zijn als het vermogen wat de transformator afgeeft aan de telefoon. Leg dit uit aan de hand van de wet van behoud van energie.
- c Bereken de stroomsterkte uit het stopcontact naar de transformator als je ervan uitgaat

- dat het afgegeven vermogen van de transformator gelijk is aan het ontvangen vermogen.
- d Als de telefoon losgekoppeld wordt loopt er geen stroom meer van de transformator naar je telefoon. Dit betekent dat het afgegeven vermogen 0 W wordt. Bij een ideale transformator zou het vermogen wat uit het stopcontact wordt opgenomen ook 0 W worden maar in de praktijk blijkt er een kleine 'lekstroom' van te lopen van 2,2 mA. Bereken het vermogen wat op deze manier verloren gaat.

33 Hoogspanningsleiding

Elektriciteit wordt over grote afstanden getransporteerd tussen elektriciteitscentrales en steden met dikke kabels aan hoge masten die je door heel Nederland ziet staan. Door de dikte van de kabels is, ondanks de kilometerslange lengte, de weerstand laag.

- a Leg aan de hand van de formule voor soortelijke weerstand (BINAS tabel 35-D1) uit dat een dikke kabel minder weerstand heeft.
- b Een kabel wordt gebruikt om een stad van elektriciteit te voorzien. Bereken de stroom die er door de kabel moet lopen als de stad 390 MW verbruikt bij een spanning van 230 V.
- c Voor het vermogen dat door de kabel aan warmte verloren gaat geldt onderstaande formule. Leidt deze formule af uit de $P=U \cdot I$ en de wet van Ohm.
- d De kabel heeft een totale weerstand van $2,7 \Omega$. Laat met een berekening zien dat het verlies aan warmte in de kabel $7,8 \cdot 10^{12}$ W is. (Dit verlies aan warmte is gigantisch: bijna 20000 keer groter dan het vermogen dat de stad verbruikt).
- e Om te voorkomen dat er zoveel energie verloren gaat vindt het transport plaats bij veel hogere spanning: Bij de elektriciteitscentrale wordt de spanning met transformatoren omhoog gebracht. In de stad wordt de spanning weer omlaag gebracht. Het transport van de elektriciteit door de kabel vindt plaats bij een spanning van 300 kV. Laat met een berekening zien dat het verlies aan warmte in dit geval nog maar 1,1 % van het door de stad verbruikte vermogen. Bereken hiervoor eerst de stroom die door de kabel loopt.

$$P = I^2 \cdot R$$

P = vermogen (W)

I = stroomsterkte (A)

R = weerstand (Ω)

34 Elektriciteitsopwekking

Hieronder staan een aantal beschrijvingen van termen die met de opwekking van elektriciteit te maken hebben. Geef bij elke beschrijving aan welke term hierbij hoort.

Kies uit: *Kerncentrale, Waterstofcel, Stookwaarde, Energiedichtheid, Elektrochemische cel, Generator, Zonnecel, Waterkrachtcentrale*

	Beschrijving
	Zet bewegingsenergie om in elektriciteit
	Zet potentiële (zwaarte-) energie om in elektriciteit

	Verbrandingsenergie bepaalde hoeveelheid stof
	Zet H ₂ en O ₂ om in water + elektriciteit
	Energie per kg opslagmedium
	Ander woord voor batterij of accu
	Laat energie vrijkomen door kernsplijting uranium
	Zet straling om in elektriciteit

35 Elektrische auto

Een accu in een elektrische auto heeft een capaciteit van 85 kWh. Dit betekent dat de accu 85 uur lang een vermogen van 1 kWh kan leveren.

- Bij een snelheid van 80 km/h verbruikt de auto een vermogen 20 kW. Bereken hoe lang de auto hiermee kan rijden.
- De actieradius van de elektrische auto als deze 80 km/h zou rijden is 340 km. Laat dit zien met een berekening.
- Energiedichtheid is een maat voor hoeveel energie een medium kan opslaan per kg gewicht uitgedrukt in Joule per kg. De accu heeft een massa van 525 kg. Bereken de energiedichtheid van de accu. Bereken hiervoor eerst hoeveel Joule er aan energie er in de accu zit opgeslagen.
- In de tabel hieronder staat de energiedichtheid van een aantal manieren van energieopslag. Vergelijk je antwoord op de vorige vraag met de gegevens in de tabel.
- Momenteel wordt er veel onderzoek gedaan naar auto's met waterstofgas als opslagmedium. Via een zog *waterstofcel* wordt waterstofgas omgezet naar elektriciteit waarmee de auto kan worden aangedreven. De energiedichtheid van waterstof is een stuk gunstiger dan die van een oplaadbare accu. De elektrische auto uit deze opgave zou voor het afleggen van de 340 km uit vraag b slechts 2,4 kg waterstof nodig hebben. Toon dit aan met een berekening.
- Probleem met waterstof is dat het een extreem licht gas is en dus veel ruimte inneemt. Samengeperst onder een druk van 10 bar, vergelijkbaar met die van LPG-tanks in auto's, is de dichtheid $8,9 \cdot 10^{-4}$ kg per liter. Bereken hoe groot de tank van de auto zou moeten zijn voor 2,4 kg waterstof.

Wijze van energieopslag	Energiedichtheid (J/kg)
Benzine	$4,6 \cdot 10^7$
Diesel	$4,5 \cdot 10^7$
LPG	$4,8 \cdot 10^7$
Waterstof	$1,3 \cdot 10^8$

ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

4 Stroom

- b 1,4 C
- c $1,3 \cdot 10^3$ C

6 Wet van Ohm

- a 23 Ω
- b 0,34 A
- c $6,0 \cdot 10^2$ V

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 k Ω
- b 1,5 k Ω
- c 1,0 k Ω

13 Verv. weerstand

- a 24 Ω

14 Serieschakeling

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

15 Doorbranden

- a 17 Ω

16 Spanningsdeler

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

17 Spanningsbron

- a 80 mA
- d 4,0 V

18 Parallelschakeling

- c 2,3 A
- d 1,2 / 0,60 / 0,48 A

19 Drie weerstanden

- a 10,5 V
- b 21 mA
- d $1,1 \cdot 10^2$ Ω

21 Draadweerstand

- a 0,022 Ω
- b 1,1 Ω
- c 14 Ω

27 Opwarmen

- a C

28 LED lamp

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

29 Capaciteit

- a 16 kJ
- b 23 uur

30 Zekering

- a 225 W

32 Transformator

- a 6,0 W
- b 26 mW
- c 0,51 W

33 Hoogspanningsl.

- b $1,70 \cdot 10^6$ A

35 Elektr. auto.

- a 4 uur 15 min.
- b 340 km
- c $5,8 \cdot 10^5$ Jkg⁻¹
- d $2,7$ m³ (2700 Liter!)

