



Blok 3

INHOUD

BASISSTOF

T0	Elektriciteit	60
W0		62
T1	Elektriciteit opwekken	63
W1		65
T2	De weerstand van een snoer	66
W2		68
T3	Het transport van elektriciteit	70
W3		71
T4	Transformeren	72
W4		75
T5	Elektriciteit gebruiken	76
W5		78
T6	Elektrisch regelen	79
W6		81

HERHAALSTOF

H1	Begrippen in dit blok	83
H2	Weerstand	85
H3	Inductie	87
H4	Oefenen met examenopgaven	89

LEERDOELEN

- 1 Je moet in een schakeling de onderdelen spanningsbron, snoertje, weerstand en dergelijke aan kunnen wijzen. Je moet ook uit kunnen leggen wat deze onderdelen in een schakeling doen. [P0, T0, W0]
- 2 Je moet van een serieschakeling weten:
a dat de stroomsterkte overal even groot is;
b dat de spanning over de onderdelen verdeeld wordt. [P0, T0, W0]
- 3 Je moet van een parallelschakeling weten dat:
a de stroomsterkte zich over de verschillende onderdelen (takken) verdeelt;
b de spanning over de onderdelen even groot is. [P0, T0, W0]
- 4 Je moet weten hoe je in een schakeling de stroomsterkte en de spanning moet meten. [P0, T0, W0]
- 5 Je moet de wet van Ohm: $U = I \cdot R$ kennen en kunnen gebruiken. [P0, T0, W0]
- 6 Je moet weten dat een spoel waar een elektrische stroom doorheen loopt, zelf een magneet is. [P0, T0, W0]
- 7 Je moet weten hoe je een elektromagneet kunt versterken met: a een kern, b een grotere stroomsterkte, c meer windingen. [P0, T0, W0]



Elektriciteit maken en gebruiken

- 8** Je moet weten wat we met inductie bedoelen en waar de inductie in een spoel van afhangt. [P1, T1, W1]
- 9** Je moet de werking van een dynamo kunnen uitleggen. [P1, T1, W1]
- 10** Je moet weten dat een dynamo wisselspanning levert en je moet weten wat wisselspanning is. [P1, T1, W1]
- 11** Je moet weten wat er gebeurt als een dynamo sneller ronddraait. [P1, T1, W1]
- 12** Je moet weten wat bedoeld wordt met de soortelijke weerstand van een stof. [P2, T2, W2]
- 13** Je moet de eenheid en het symbool voor soortelijke weerstand kennen. [P2, T2, W2]
- 14** Je moet de formule $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$ kunnen gebruiken. [P2, T2, W2]
- 15** Je moet weten dat de soortelijke weerstand van een stof afhangt van de temperatuur. [P2, T2, W2]
- 16** Je moet kunnen uitleggen waarom elektriciteit over grotere afstanden bij hoge spanning wordt getransporteerd. [P3, T3, W3]
- 17** Je moet weten wat een transformator is. [P4, T4, W4]
- 18** Je moet weten waar een transformator voor gebruikt wordt. [P4, T4, W4]
- 19** Je moet de werking van een transformator kunnen uitleggen. [P4, T4, W4]
- 20** Je moet weten dat bij een ideale transformator het vermogen in de primaire kring even groot is als het vermogen in de secundaire kring. [P4, T4, W4]
- 21** Je moet de formule $\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$ kunnen gebruiken. [P4, T4, W4]
- 22** Je moet de formule $\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$ kunnen gebruiken. [P4, T4, W4]
- 23** Je moet in een serie- en in een parallelschakeling de vervangingsweerstand kunnen berekenen. [P5, T5, W5]
- 24** Je moet de werking kennen van een regelbare weerstand en een potentiometer. [P6, T6, W6]
- 25** Je moet weten wat een spanningsdeler is en waar deze voor gebruikt wordt. [P6, T6, W6]

Onderdelen van een schakeling

Dit is het laatste blok over elektriciteit. Je volgt de elektrische stroom van de elektriciteitscentrale via de transformator en hoogspanningsleidingen tot in je huis. Maar eerst even een beetje herhalen. We beginnen met een eenvoudige schakeling (figuur 1).

De onderdelen van deze schakeling zijn:

De batterij: Dit is de spanningsbron. De batterij zorgt voor de energie in de schakeling.

Snoertjes: Hier loopt de elektrische stroom door. Het koper in de snoertjes geleidt elektrische stroom.

Apparaat: In deze schakeling een lamp. Hier wordt de energie gebruikt.



HET SYMBOOL VOOR SPANNING

In de natuurkunde wordt als symbool voor spanning de V of de U gebruikt. Omdat bij jullie examen altijd de U gebruikt wordt, zal in dit deel spanning steeds met U aangegeven worden.

Voorbeeld: de spanning van een batterij is 4,5 V. Afgekort: $U = 4,5 \text{ V}$

Dus: de grootte spanning wordt aangegeven met een U .

FIG. 1 Een eenvoudige schakeling.

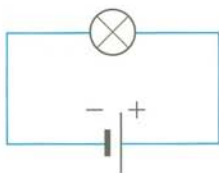
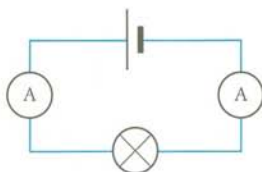


FIG. 2 De stroomsterkte vóór de lamp is even groot als de stroomsterkte ná de lamp.



De batterij zorgt voor de spanning U . Hierdoor loopt er een stroomsterkte I door de schakeling. De elektrische stroom loopt van de batterij naar de lamp. Daar geeft de stroom z'n energie af. Vervolgens gaat de stroom weer naar de batterij om nieuwe energie op te halen. De stroomsterkte meet je met een stroommeter. In de schakeling van figuur 1 is de stroomsterkte *overal even groot*. In figuur 2 zie je hoe je dit kunt controleren. Beide stroommeters wijzen *dezelfde* stroomsterkte aan.

Serieschakeling

In figuur 3 zijn twee weerstanden in serie getekend. Er is maar één weg voor de stroom. De stroomsterkte is overal even groot. De stroom geeft een deel van de energie aan de ene weerstand. De rest aan de andere weerstand. De spanning van de batterij verdeelt zich over de weerstanden. Dit kun je zien aan de kleuren in de schakeling.

Parallelschakeling

In figuur 4 zie je twee weerstanden parallel. Alles wat met de plus verbonden is, is rood gekleurd. Alles wat met de min verbonden is, is blauw. De spanning over de spanningsbron is het verschil tussen rood en blauw. Je ziet dat over R_1 en R_2 dezelfde spanning staat. De stroomsterkte door de plus van de spanningsbron splitst zich. Een deel van de stroom gaat door R_1 , de rest door R_2 .

FIG. 3 Twee weerstanden in serie.

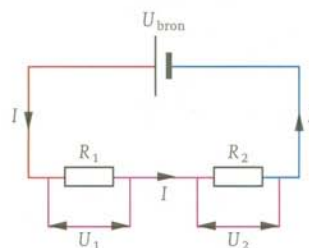
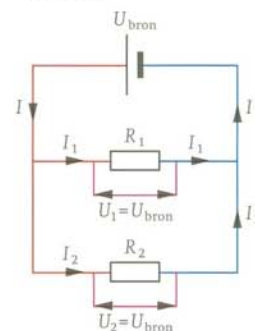


FIG. 4 Twee weerstanden parallel.



Wet van Ohm

Niet elk apparaat laat de stroom even makkelijk door. Een apparaat met een grote weerstand laat de stroom moeilijk door. Laat een apparaat de stroom makkelijk door, dan is de weerstand klein.

Hoe groot de weerstand van een apparaat is, kun je uitrekenen met de wet van Ohm:

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

In deze formule is R de waarde van de weerstand in Ω . U is de spanning over de weerstand in V. I is de stroomsterkte door de weerstand in A.

Elektrische stroom en magnetisme

Laat je door een spoel een elektrische stroom lopen, dan wordt de spoel een magneet. Hoe groter de stroom, hoe sterker de magneet. Zo'n elektromagneet (figuur 5) is handig. Je kunt hem aan en uit zetten. Je kunt hem sterker of zwakker maken. Je kunt de noordpool en zuidpool verwisselen.

Je maakt een elektromagneet sterker door:

- een kern in de spoel te doen;
- een grotere stroomsterkte door de spoel te sturen;
- een spoel met meer windingen te nemen.

Elektromagneten worden veel toegepast: in een hijsinstallatie, bij de luidspreker, in een cassette recorder, in een relais (elektrische schakelaar).

Elektriciteit in het kort

In de tabel van figuur 6 staan de belangrijkste grootheden, symbolen en eenheden uit de elektriciteit bij elkaar.

Voor een *serieschakeling* van R_1 en R_2 geldt:

$$U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$$

$$I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 \text{ (} I \text{ is overall hetzelfde)}$$

$$R_v = R_1 + R_2$$

FIG. 5 Een elektromagneet 'in actie'.



FIG. 6 Grootheden, symbolen en eenheden uit de elektriciteit.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	U	volt	V
stroomsterkte	I	ampère	A
weerstand	R	ohm	Ω

Voor een *parallelschakeling* van R_1 en R_2 geldt:

$$U_{\text{bron}} = U_1 = U_2$$

$$I_{\text{bron}} = I_1 + I_2$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

De wet van Ohm luidt:

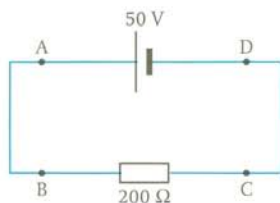
$$R = \frac{U}{I}$$

Een elektromagneet is een spoel (meestal met een kern) waar een elektrische stroom doorheen loopt. Hierdoor wordt de spoel een magneet.

- 1 In je informatieboekje vind je schema 4 met begrippen, eenheden en symbolen.
 - a Zoek alle begrippen, eenheden en symbolen die met elektriciteit te maken hebben op en noteer deze.
 - In je informatieboekje staan ook formules.
 - b Schrijf alle formules over elektriciteit die je al gehad hebt op.

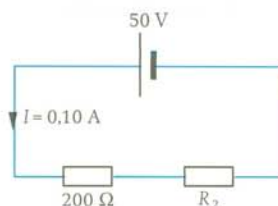
- 2 In figuur 7 is een schakeling getekend.
 - a Bereken de stroomsterkte door de weerstand.
 - b Hoe groot is de spanning over B en C?
 - c Hoe groot is de spanning over A en B? Waarom?
 - d Hoe groot is de stroomsterkte in A, B, C en D?
 - e Neem de schakeling in je schrift over en teken erbij hoe je de stroomsterkte door de weerstand en de spanning over de weerstand meet.

FIG. 7 Een schakeling met een weerstand.



- 3 Figuur 8 toont een andere schakeling.
 - a Leg uit of dit een serie- of een parallelschakeling is.
 - b Hoe groot is de stroomsterkte door R_2 ?
 - c Bereken de spanning over de weerstand van $200\ \Omega$.
 - d Bereken de spanning over weerstand R_2 .
 - e Bereken de waarde van weerstand R_2 .

FIG. 8 Een schakeling met twee weerstanden.

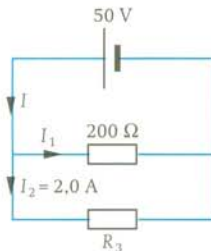


- 4 In de schakeling van figuur 9 splitst de stroom zich.
 - a Bereken I_1 .
 - b Bereken I .
 - c Bereken de waarde van R_3 .

Je zou deze twee weerstanden door één weerstand kunnen vervangen. Maar die weerstand moet zó groot zijn dat er dezelfde stroomsterkte door de spanningsbron gaat.

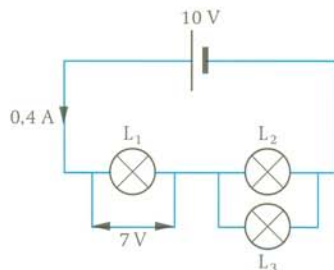
- d Bereken de waarde van de weerstand die je dan moet gebruiken.

FIG. 9 Een schakeling waarin de stroom zich splitst.



- 5 In figuur 10 zie je een schakeling met drie lampjes.
 - a Bereken de weerstand van L_1 .
 L_2 en L_3 zijn dezelfde lampjes.
 - b Bereken de weerstand van L_2 .
 L_3 gaat kapot. De weerstand van L_1 en L_2 verandert niet.
 - c Leg uit dat L_1 minder fel gaat branden.
 - d Leg uit dat L_2 feller gaat branden.

FIG. 10 Een schakeling met drie lampjes.



- 6 a Hoe kun je een elektromagneet sterker maken?
b Waar worden elektromagneten toegepast?
c Vertel bij elke toepassing wat de elektromagneet doet.

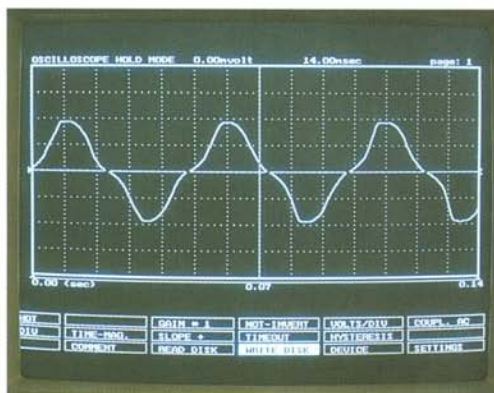


FIG. 12a Een langzaam draaiende dynamo aangesloten op een oscilloscoop.

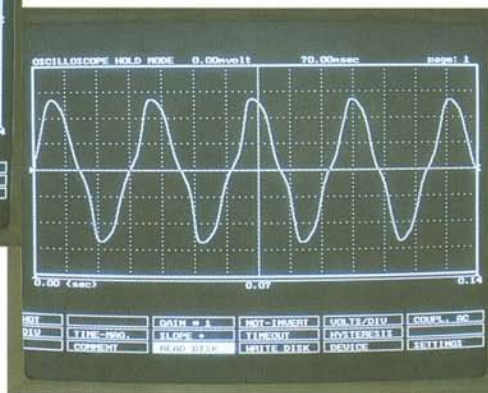


FIG. 12b Een snel draaiende dynamo aangesloten op een oscilloscoop.

BLOK 3 BASISSTOF

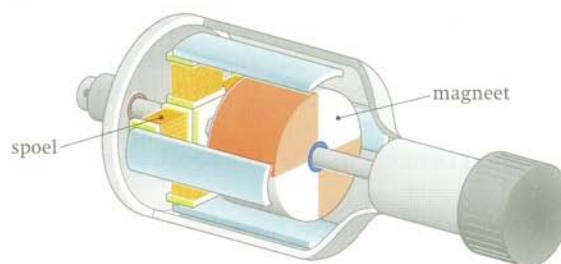
T1 Elektriciteit opwekken

De dynamo

Op je fiets kun je zelf elektriciteit opwekken. Dit doe je met je dynamo. In je dynamo zit een magneet en een spoel (figuur 11). Die magneet kan ronddraaien. Hierdoor wordt er in de spoel spanning opgewekt.

Als je een oscilloscoop op de dynamo aansluit, krijg je het beeld van figuur 12.

FIG. 11 Dit zit er in een dynamo.



Je ziet dat de spanning steeds van richting verandert. De stroomsterkte verandert daardoor ook steeds van richting. We noemen dat *wisselspanning*. Een dynamo zorgt dus voor een wisselspanning.

Inductie

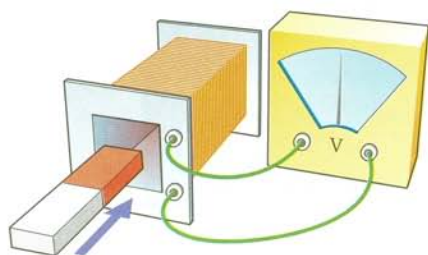
Hoe wekt een dynamo een spanning op? Hierbij wordt gebruik gemaakt van *inductie*. Inductie treedt op als een magneet beweegt in of bij een spoel. Je krijgt dan een spanning over de uiteinden van de spoel. Dit is de *inductiespanning*. In de proefopstelling van figuur 13 wordt de inductiespanning onderzocht.

Als je de magneet stil voor de spoel houdt, geeft de spanningsmeter 0 V aan. Beweeg je de magneet naar de spoel toe, dan geeft de spanningsmeter een uitslag. Haal je de magneet weer weg, dan krijg je weer een uitslag. Maar wel de andere kant op. Conclusie: als je een magneet beweegt in of bij een spoel, wek je spanning op.

Er zijn vier manieren om de spanning groter te maken:

- 1 De magneet sneller bewegen.
- 2 Een even grote spoel nemen die meer windingen heeft.
- 3 Een sterkere magneet gebruiken.
- 4 In de spoel een stuk weekijzer doen.

FIG. 13 Het onderzoeken van de inductiespanning.

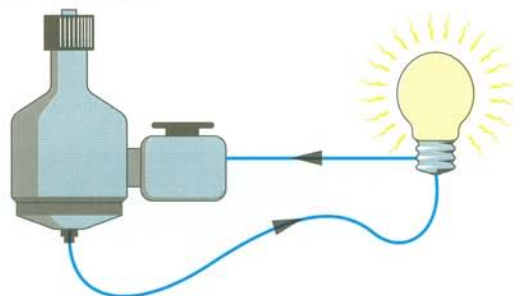


Elektrische energie

De energie voor je dynamo (figuur 14) komt van het ronddraaiende fietswiel. Bewegingsenergie van de magneet wordt omgezet in elektrische energie. Jij merkt dat je zwaarder moet trappen als je dynamo aanstaat. Dus eigenlijk lever jij met je benen de benodigde energie.

In een elektriciteitscentrale wordt op dezelfde manier elektriciteit opgewekt. Men maakt gebruik van generatoren. Een generator is een zeer groot soort dynamo. Om de magneet te laten draaien is ook hier energie nodig. Deze energie wordt verkregen uit chemische energie (fossiele brandstoffen) of kernenergie.

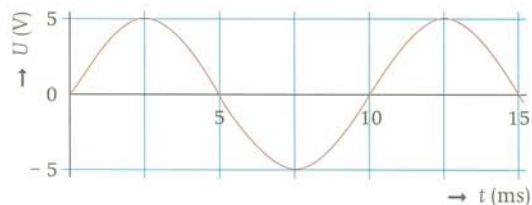
FIG. 14 Dynamo.



- 1 **a** Wanneer treedt in een spoel inductie op?
b Op welke vier manieren kun je de inductiespanning vergroten?
- 2 **a** Wat zit er in een dynamo?
b Waar dient dat allemaal voor?
c Hoe werkt een dynamo?
 Het is donker. Je fietst en je licht doet het.
d Waarom gebruik je een dynamo om je licht te laten branden?
e Waar komt de energie vandaan om de dynamo te laten werken?

- 3 In het diagram van figuur 15 zie je hoe de spanning van een dynamo in de loop van de tijd verandert.

FIG. 15 De spanning van een dynamo in de loop van de tijd.



- a** Op welke tijdstippen is de spanning het grootst?
- b** Op welke tijdstippen is de spanning 0 V?
- c** Je gaat harder fietsen. Hoe verandert de grafiek van figuur 15?

- 4 De magneet van de dynamo van figuur 15 is heel simpel. Gewoon een staafmagneet met één N-pool en één Z-pool. Je krijgt dan af en toe een positieve spanning. En af en toe negatieve spanning.

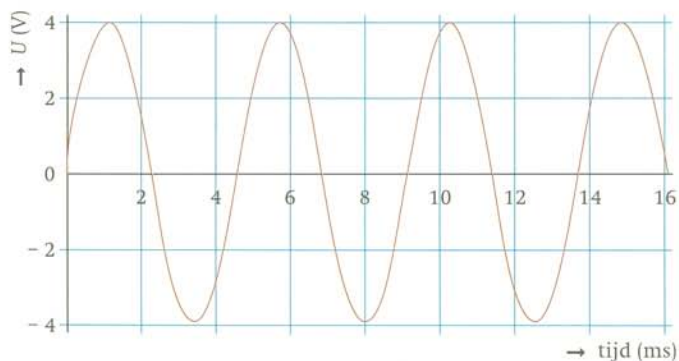
a Waarom ziet de grafiek van figuur 15 er zo uit?

b Hoe lang doet de magneet er over om één keer rond te gaan?

c Bereken hoe vaak de magneet in één seconde rond gaat.

- 5 Vaak heeft de magneet in een dynamo twee N- en twee Z-polen. In het diagram van figuur 16 zie je het (U,t) -diagram van zo'n dynamo.

FIG. 16 Het (U,t) -diagram van een dynamo.



a Hoe wordt de spanning in een fietsdynamo opgewekt?

b Hoe lang duurt één omwenteling van de magneet?

c Teken figuur 16 na in je schrift.

d Teken in een andere kleur hoe het (U,t) -diagram eruit ziet als de snelheid waarmee de magneet ronddraait, kleiner wordt.

T2 De weerstand van een snoer

Van de elektriciteitscentrale is het nog een hele afstand naar de huizen waar de elektriciteit gebruikt gaat worden. De elektriciteit stroomt door lange draden. Deze draden hebben niet veel weerstand. Maar op zo'n afstand speelt de weerstand van de draden wel een rol.

De *weerstand van een draad* hangt af van:

- 1 de lengte l van de draad: hoe langer de draad, hoe groter de weerstand;
- 2 de doorsnede A van de draad: hoe groter de doorsnede, hoe kleiner de weerstand;
- 3 het soort materiaal: elk materiaal heeft zijn eigen soortelijke weerstand ρ ;
- 4 de temperatuur T van de draad: bij de meeste stoffen wordt de weerstand groter als de temperatuur toeneemt.

We kunnen dit in één formule samenvatten:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Let op de eenheden in deze formule:

R is de weerstand van de draad in Ω ;

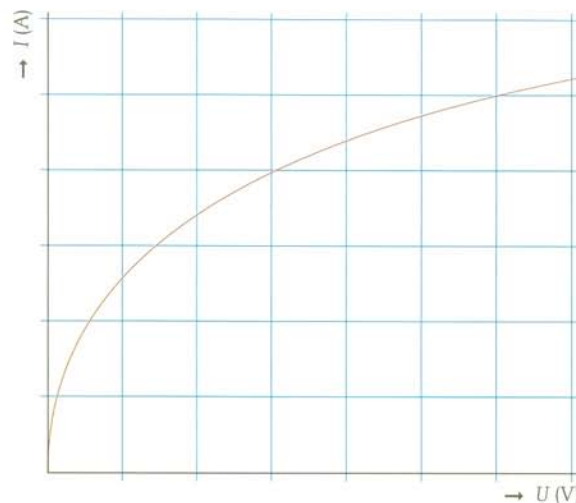
ρ is de soortelijke weerstand (afhankelijk van de soort stof en de temperatuur van de draad) in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

l is de lengte van de draad in m;

A de doorsnede van de draad in mm^2 .

De *soortelijke weerstand* geeft aan hoe groot de weerstand van een draad is met een lengte van 1 m en een doorsnede van 1 mm^2 . De soortelijke weerstand wordt gegeven in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (soms schrijft men: $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$, maar dat is hetzelfde).

FIG. 17 (I, U)-diagram van een gloeilamp. De weerstand wordt steeds groter: de gloeidraad heeft bij een grotere spanning een hogere temperatuur.



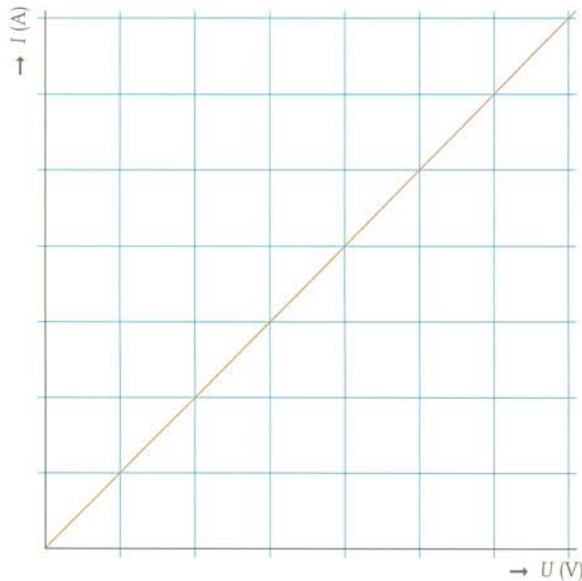
In je informatieboekje staat een tabel met 'soortelijke weerstand'. Hierin kun je lezen dat de soortelijke weerstand van aluminium $0,027 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ is. Dat wil zeggen dat een draad van aluminium met een lengte van 1 m en een doorsnede van 1 mm^2 , een weerstand heeft van $0,027 \Omega$. De temperatuur moet dan wel 293 K ($= 20 \text{ }^\circ\text{C}$) zijn.

Bij de meeste stoffen wordt de weerstand groter als de temperatuur toeneemt. Een voorbeeld hiervan is het metaal wolfram in de gloeidraad van een gloeilamp (figuur 17). Constantaan is een uitzondering. De weerstand van constantaan blijft hetzelfde, ook al wordt de draad verwarmd (figuur 18). Je kent nog een uitzondering. De stof waar een NTC van gemaakt is. De weerstand van een NTC wordt juist kleiner als de temperatuur hoger wordt.

VOORBEELD 1

Een kabel van de hoogspanning is $12,5 \text{ km}$ lang (figuur 19). Deze kabel is van aluminium (Al) gemaakt. De doorsnede is $3,50 \text{ cm}^2$. Bereken de weerstand van de kabel.

FIG. 18 (I, U)-diagram van een constantaandraad: de weerstand blijft even groot.



Gegeven:

$$l = 12,5 \text{ km} = 12\,500 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{Al}} = 0,027 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$A = 3,5 \text{ cm}^2 = 350 \text{ mm}^2$$

Gevraagd:

R

Formule:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Oplossing:

$$R = 0,027 \times \frac{12\,500}{350} = 0,96 \text{ } \Omega$$

Je ziet dat deze kabel een kleine weerstand heeft.

Fig. 19 Hoogspanningsleidingen van aluminium.



VOORBEELD 2

Snoeren die niet zo lang zijn, hebben soms een niet te verwaarlozen weerstand, zeker als ze dun zijn.

Een snoer van 50 m lang heeft een doorsnede van $0,50 \text{ mm}^2$. De weerstand van het snoer is $1,6 \text{ } \Omega$. Van welk materiaal is dit snoer gemaakt?

Gegeven:

$$l = 50 \text{ m}$$

$$A = 0,50 \text{ mm}^2$$

$$R = 1,6 \text{ } \Omega$$

Gevraagd:

ρ

Formule:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Oplossing:

$$1,6 = \rho \times \frac{50}{0,50} = \rho \times 100$$

$$\rho = \frac{1,6}{100} = 0,016 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

In je informatieboekje zie je dat het snoer van zilver gemaakt is. Zilver heeft een kleine soortelijke weerstand.

- 1 **a** Van welke drie factoren hangt de weerstand van een stuk ijzerdraad af?
Als je de spanning over de draad en de stroomsterkte door de draad kent, kun je de weerstand uitrekenen.
b Met welke formule kun je de weerstand van de draad dan berekenen?
c Geef voor elke letter in de formule aan wat deze letter voorstelt.
Als je weet wat voor draad je hebt, kun je de weerstand ook berekenen.
d Welke gegevens heb je dan nodig?
e Welke formule moet je dan gebruiken?
f Geef ook in deze formule aan wat elke letter voorstelt.
- 2 Zoek in je informatieboekje de tabel met soortelijke weerstand.
 - a** Welke tabel is dat?
Grafiet zit in je potlood. Grafiet is zwart.
 - b** Hoe groot is de soortelijke weerstand van grafiet?
 - c** Wat betekent dat?
 - d** Is de weerstand van een draad van grafiet groter of kleiner dan een even dikke en even lange draad van koper? Leg uit waarom je dat denkt.
- 3 Een potlood is 18 cm lang. Het grafiet in het potlood heeft een doorsnede van $3,2 \text{ mm}^2$.
 - a** Bereken de weerstand van het grafiet.
 - b** Teken de schakeling waarmee je de weerstand van het grafiet kunt bepalen.
 - c** Opdracht in de klas: Vraag aan je docent of je de weerstand van een potlood mag meten.

- 4 Nog even over de soortelijke weerstand. Zoek de tabel nog eens op. Bij de tabel staat de temperatuur: 293 K . Dat is 20°C .
 - a** Waarom staat de temperatuur bij de tabel? Messing gedraagt zich als de meeste metalen.
 - b** Wat gebeurt er met de weerstand van een snoer van messing als het snoer warmer wordt?
- 5 Je hebt een stuk ijzerdraad met een lengte van $2,0 \text{ m}$ en een doorsnede van $3,00 \text{ mm}^2$.
 - a** Bereken de weerstand van dit stuk ijzerdraad. Twee van deze stukken ijzerdraad worden in een schakeling naast elkaar gebruikt (figuur 20).
 - b** Bereken de weerstand van de twee draden samen met

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Bedenk wel dat de doorsnede A twee keer zo groot is geworden.

c Leg uit dat je dit antwoord ook uit je hoofd kunt bedenken.

De stroommeter geeft 125 mA aan.

d Bereken wat de spanningsmeter aangeeft.

FIG. 20 Een schakeling met twee stukken ijzerdraad.

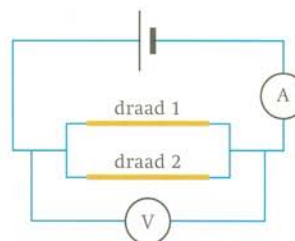
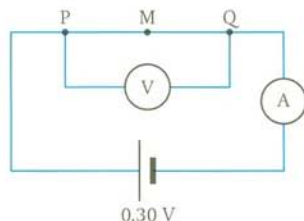
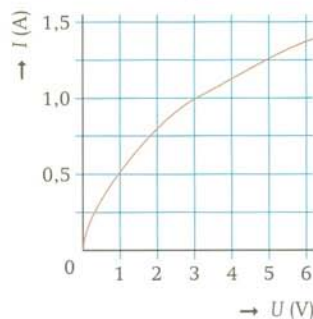


FIG. 21 Een schakeling met een draad van onbekend materiaal.



- 6** In de schakeling van figuur 21 geeft de spanningsmeter 0,3 V aan. De stroommeter geeft 1,00 A aan. De draad tussen P en Q is 50 cm lang en heeft een doorsnede van $0,10 \text{ mm}^2$.
- Bereken de weerstand van deze draad.
 - Bereken de soortelijke weerstand van deze draad.
 - Ga met de tabel in je informatieboekje na van welke stof deze draad (waarschijnlijk) gemaakt is. Men meet vervolgens de spanning tussen P en M ($PM = 25 \text{ cm}$).
 - Hoeveel wijst de spanningsmeter nu aan?
 - Hoe groot is de weerstand van het stuk draad tussen P en M? (Uit je hoofd!)
 - Hoe groot is de soortelijke weerstand van het stuk draad tussen P en M? (Uit je hoofd!)
- 7**
- Schets het (I, U) -diagram voor een ohmse weerstand.
 - Welk materiaal heeft de eigenschappen van een ohmse weerstand?
 - Wat is daar zo bijzonder aan?
 - Schets het (I, U) -diagram voor een draad van ijzer.
 - Hoe zie je dat de weerstand groter wordt?

FIG. 22 Een (I, U) -diagram van een lampje.



- 8** Bekijk het (I, U) -diagram van een lampje (figuur 22).
- Bereken de weerstand van het lampje bij 1,0 V; 2,0 V en 3,0 V.
 - Geldt de wet van Ohm voor de gloeidraad van een lamp? Neem aan de temperatuur van de gloeidraad bij 1,0 V 293 K is. De gloeidraad is 0,05 m lang en gemaakt van wolfram.
 - Bereken de doorsnede van de gloeidraad.
 - Deze doorsnede is wel erg klein. Wat zou er fout kunnen zijn in de gegevens van opgave c?

T3 Het transport van elektriciteit

De elektriciteit moet met zo weinig mogelijk verlies naar de gebruiker gebracht worden. In figuur 23 zie je dat getekend.

Het is slim om een hoge spanning te gebruiken. Je hebt dan minder verliezen. Maar een hoge spanning is gevaarlijk. Je moet met een transformator de spanning weer lager maken.

VOORBEELD 1

In een bepaald huis wordt 1150 W gebruikt. De spanning is 230 V. De aan- en afvoerdraden van de centrale hebben een weerstand van 5,0 Ω (figuur 24). Bereken hoeveel energie er per seconde verloren gaat.

Gegeven:

$$U = 230 \text{ V}$$

$$P = 1150 \text{ W}$$

$$R = 5,0 \text{ } \Omega$$

Gevraagd:

$$P_{\text{verlies}}$$

Formules:

$$P = U \cdot I$$

$$U = I \cdot R$$

Oplossing:

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1150}{230} = 5,0 \text{ A}$$

$$U_{\text{verlies}} = I \cdot R = 5 \times 5 = 25 \text{ V}$$

$$P_{\text{verlies}} = U \cdot I = 25 \times 5 = 125 \text{ W (= 125 J/s)}$$

FIG. 24 De gebruiker aangesloten op 230 V.

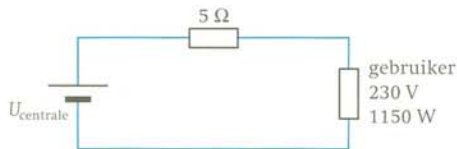


FIG. 23 Schema van het transport van elektriciteit.



VOORBEELD 2

Nu gaat de gebruiker op een hogere spanning over: 2300 V. De rest blijft hetzelfde. De gebruiker gebruikt nog steeds 1150 W. De weerstand van de draden is nog steeds 5,0 Ω (figuur 25). Bereken weer hoeveel energie er per seconde verloren gaat.

Gegeven:

$$U = 2300 \text{ V}$$

$$P = 1150 \text{ W}$$

$$R = 5,0 \text{ } \Omega$$

Gevraagd:

$$P_{\text{verlies}}$$

Formules:

$$P = U \cdot I$$

$$U = I \cdot R$$

Oplossing:

$$P = U \cdot I$$

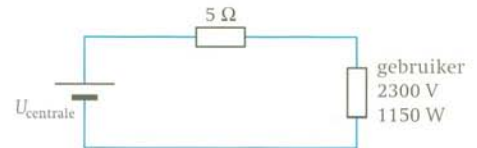
$$I = \frac{P}{U} = \frac{1150}{2300} = 0,5 \text{ A}$$

$$U_{\text{verlies}} = I \cdot R = 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

$$P_{\text{verlies}} = U \cdot I = 2,5 \times 0,5 = 1,25 \text{ W (= 1,25 J/s)}$$

Je ziet: de spanning is 10 × zo groot; het verlies is 100 × zo klein!

FIG. 25 De gebruiker aangesloten op 2300 V.



- 1**
 - a** Waarom gebeurt het transport van elektriciteit bij een hoge spanning?
 - b** Wat zijn de nadelen van hoogspanning?
 - c** Waarom moet je een paar keer een transformator gebruiken?
 - d** Noem twee redenen waarom men met wisselspanning werkt.
 - e** Met welk apparaat kun je wisselspanning opwekken?
- 2**
 - a** Teken het schema van het energietransport. Schrijf bij elk onderdeel van welk apparaat gebruik gemaakt wordt.
 - b** Maak een lijst van alle apparaten die bij het transport gebruikt worden. Schrijf erbij wat elk apparaat doet.
 - c** Elektriciteit is gevaarlijk. Schrijf bij elk onderdeel van het transport hoe er gezorgd is voor de veiligheid.
- 3** In een straat gebruikt men een vermogen van 4600 W. De spanning in de huizen is 230 V.
 - a** Bereken de stroomsterkte die naar die straat gaat.

De stroom gaat door aan- en afvoerdraden, die een weerstand hebben van $12\ \Omega$. Tussen de elektriciteitscentrale en de straat is geen gebruik gemaakt van een transformator.
 - b** Teken het schema van de schakeling.
 - c** Bereken de spanning die over de aan- en afvoerdraden ($12\ \Omega$) staat.
 - d** Hoe groot is de spanning waar de centrale voor moet zorgen?
 - e** Hoeveel energie gaat er per seconde in de aan- en afvoerdraden verloren?
- 4** De straat uit vraag **3** wordt behoorlijk uitgebreid. De mensen gebruiken nu een vermogen van 46 000 W. De centrale zorgt er nog steeds voor dat de spanning in de huizen 230 V is.
 - a** Bereken de stroomsterkte door de aan- en afvoerdraden.
 - b** Bereken de spanning over de aan- en afvoerdraden (nog steeds $12\ \Omega$).
 - c** Bereken de spanning van de centrale.
 - d** Bereken het vermogen dat verloren gaat.
- 5** In vraag **4** werden de verliezen wel erg groot. De elektriciteitsmaatschappij gaat een transformator gebruiken. De stroom wordt nu vervoerd bij een spanning van 23 000 V. Het gebruikte vermogen is nog steeds 46 000 W.
 - a** Bereken de stroomsterkte in de hoogspanningsdraden.
 - b** Bereken hoeveel energie per seconde verloren gaat in de draden ($12\ \Omega$).

De transformator brengt de spanning terug van 23 000 V naar 230 V.
 - c** Hoe groot is de stroomsterkte die van het transformatorhuisje de straat in gaat? (De gebruikers gebruiken nog steeds 46 000 W.)

T4 Transformeren

In T3 zag je dat je een hoge spanning nodig hebt om elektriciteit te vervoeren. Een transformator maakt van een lage spanning een hogere spanning. Of van een hoge spanning een lage spanning (figuur 26).

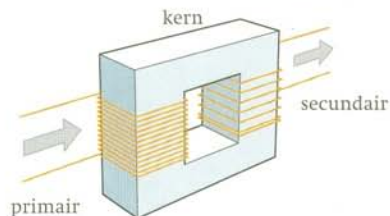
FIG. 26 Een transformator in een apparaat.



De transformator

Een transformator bestaat uit twee spoelen en een kern. De spoel die je op de spanningsbron aansluit, is de *primaire* (eerste) spoel. De spoel waar je het apparaat op aansluit, is de *secundaire* (tweede) spoel (figuur 27). De primaire spoel wordt aangesloten op wisselspanning. Daardoor wordt de spoel een elektromagneet. Er ontstaat een magnetisch veld dat voortdurend verandert. Dit komt door de *wisselspanning*. Door het voortdurend veranderende magnetisch veld van de primaire spoel ontstaat er in de secundaire spoel inductiespanning (vergelijk met de dynamo uit T1).

FIG. 27 Een transformator bestaat uit twee spoelen en een kern.



Heeft de primaire spoel *veel* windingen en de secundaire spoel *weinig* windingen, dan gaat de spanning *omlaag*. Maar de stroomsterkte gaat dan *omhoog*! Heeft de primaire spoel *weinig* windingen en de secundaire spoel *veel* windingen, dan gaat de spanning *omhoog*. Maar de stroomsterkte gaat dan *omlaag*! Met behulp van een transformator kun je dus de spanning omhoog of omlaag transformeren (omvormen). Dit regel je met behulp van het aantal windingen van de beide spoelen (figuur 28). Dit geeft de volgende formule:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

In deze formule geldt:

N_p is aantal windingen van de primaire spoel;
 N_s is aantal windingen van de secundaire spoel;
 U_p is spanning over de primaire spoel in V;
 U_s is spanning over de secundaire spoel in V.

Als de spanning omhoog gaat, *moet* de stroomsterkte omlaag gaan (wet van behoud van energie). Dit betekent dat de formule voor de stroomsterkte er precies omgekeerd uitziet:

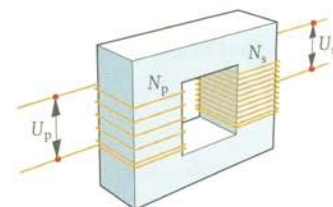
$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

LET OP: I_s staat nu boven en I_p beneden.

Verder geldt in deze formule:

N_p is aantal windingen van de primaire spoel;
 N_s is aantal windingen van de secundaire spoel;
 I_s is stroomsterkte door de secundaire spoel in A;
 I_p is stroomsterkte door de primaire spoel in A.

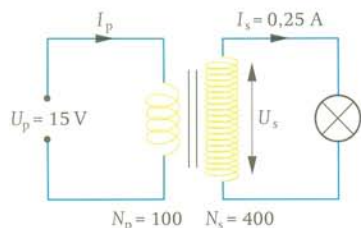
FIG. 28 Windingen en spanningen van een transformator.



Hoe je deze formules kunt gebruiken, zie je in de volgende voorbeelden.

VOORBEELD 1

FIG. 29 Rekenen aan een transformator.



Een transformator heeft een primaire spoel van 100 windingen. Deze spoel wordt aangesloten op een spanning van 15 V. De secundaire spoel heeft 400 windingen (figuur 29).

Bereken de secundaire spanning U_s .

Gegeven:

$$U_p = 15 \text{ V}$$

$$N_p = 100$$

$$N_s = 400$$

Gevraagd:

$$U_s$$

Formule:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

Oplossing:

$$\frac{100}{400} = \frac{15}{U_s}$$

$$U_s = \frac{15 \times 400}{100} = 60 \text{ V}$$

De oplossing kun je ook uit je hoofd doen: De secundaire spoel heeft $4 \times$ zo veel windingen als de primaire spoel. De spanning wordt dan $4 \times$ zo groot = 60 V.

VOORBEELD 2

Dezelfde transformator als in voorbeeld 1 heeft nog steeds primair 100 windingen en secundair 400. Op de secundaire spoel is een lampje aangesloten. Door het lampje gaat een stroomsterkte van 0,25 A.

Bereken de stroomsterkte I_p door de primaire spoel.

Gegeven:

$$I_s = 0,25 \text{ A}$$

$$N_p = 100$$

$$N_s = 400$$

Gevraagd:

$$I_p$$

Formule:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Oplossing:

$$\frac{100}{400} = \frac{0,25}{I_p}$$

$$I_p = \frac{0,25 \times 400}{100} = 1,0 \text{ A}$$

Ook deze oplossing kun je ook uit je hoofd doen: De secundaire spoel heeft $4 \times$ zo veel windingen als de primaire spoel. De stroomsterkte wordt dan $4 \times$ zo klein. Primair 1,0 A wordt secundair 0,25 A.

De wet van behoud van energie

Vervolgens controleren we of de wet van behoud van energie klopt bij de transformator uit de voorbeelden 1 en 2.

Voor het vermogen van de primaire spoel geldt:

$$P_p = U_p \cdot I_p = 15 \times 1 = 15 \text{ watt}$$

Voor het vermogen van de secundaire spoel geldt:

$$P_s = U_s \cdot I_s = 60 \times 0,25 = 15 \text{ watt}$$

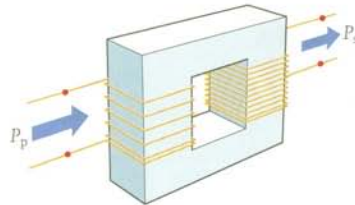
Het lampje gebruikt precies evenveel vermogen als de spanningsbron levert. Er is geen verlies in de transformator. We spreken in dit geval over een *ideale* transformator (figuur 30). Voor een ideale transformator (zonder verliezen) geldt:

$$P_p = P_s$$

ofwel:

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

FIG. 30 De ideale transformator.



VOORBEELD 3

Een ideale transformator wordt primair aangesloten op een wisselspanning van 30 V. Door deze spoel loopt een stroom van 0,5 A. Door de secundaire spoel loopt een stroom van 2,5 A. Hoe groot is de spanning over de secundaire spoel?

Gegeven:

$$U_p = 30 \text{ V}$$

$$I_p = 0,5 \text{ A}$$

$$I_s = 2,5 \text{ A}$$

Gevraagd:

$$U_s$$

Formule:

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

Oplossing:

$$30 \times 0,5 = U_s \times 2,5$$

$$U_s = \frac{30 \times 0,5}{2,5} = 6 \text{ V}$$

Aangezien je het aantal windingen van deze transformator niet weet, moet je wel gaan rekenen met behulp van het vermogen. Maar ook deze oplossing kun je uit je hoofd doen: als de stroomsterkte secundair 5 × zo groot wordt, wordt de spanning secundair 5 × zo klein = 6 V.

Toepassingen van transformatoren

Veel elektrische apparaten werken op een lagere spanning dan de 230 V van het stopcontact. Een transformator moet dan de spanning omlaag transformeren. Dit wordt vaak gedaan voor de veiligheid. Een huisbel werkt op 12 V. Ook bij speelgoed wordt de spanning omlaag getransformeerd tot bijvoorbeeld 12 V. Dit soort apparaten wordt 'zwakstroomapparaten' genoemd. Merk op dat de term eigenlijk niet goed is. De spanning is wel laag (zwakspanning zou beter zijn), maar de stroomsterkte zal juist groot zijn. Maar ook in het groot kom je transformatoren tegen. Elektrische energie wordt niet bij 230 V opgewekt, maar bij een veel hogere spanning. Voordat de energie ons huis binnenkomt, is de spanning al een paar keer omhoog en omlaag getransformeerd. Dit gebeurt onder andere in een transformatorhuisje (figuur 31).

FIG. 31 Een transformatorhuisje.



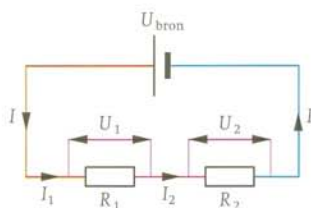
- 1
 - a Wat zit er in een transformator?
 - b Waarom werkt een transformator alleen bij wisselspanning?
 - c Wat weet je van de transformator als de spanning omhoog getransformeerd wordt?
 - d Als de spanning omhoog getransformeerd wordt, gaat de stroomsterkte omlaag. Leg dit uit.
 - e Waarom is bij het vervoer van elektriciteit bij een kleine stroomsterkte het verlies kleiner?
- 2
 - a Wat is een ideale transformator?
 - b Wat wordt bedoeld met 'primaire' en 'secundaire'?
 - c Welke formules gelden voor een ideale transformator?
 - d Maak een lijst van alle in deze formules voorkomende grootheden. Schrijf op wat ze voorstellen en wat de eenheid ervan is.
 - e Geef een aantal toepassingen van transformatoren.
 - f Waarom is een elektrische speelgoedtrein die op 12 V werkt veiliger dan één die op het lichtnet werkt?
- 3 Een transformator heeft een primaire spoel van 400 windingen en een secundaire spoel van 200 windingen.
 - a Leg uit hoe een transformator werkt.
 - b Waar hangt de sterkte van het magnetisch veld in de primaire spoel van af?
 - c Waarom werkt een transformator alleen maar op wisselspanning?
 - d Leg uit dat bij deze transformator de secundaire spanning de helft is van de primaire spanning.
- 4 Voor een transformator geldt:
 $N_p = 200$; $N_s = 1000$; $U_p = 10 \text{ kV}$ en $I_p = 5,0 \text{ A}$
 - a Bereken U_s en I_s .
 - b Bereken P_p en P_s .
 Voor een niet-ideale transformator geldt: P_s is kleiner dan P_p .
 - c Leg uit waarom dit zo is.
- 5 De primaire spoel van een transformator wordt aangesloten op het lichtnet (wisselspanning = 230 V). De secundaire spoel met 200 windingen is aangesloten op een apparaat dat werkt op een spanning van 46 V. Het vermogen van het apparaat is 11,5 W.
 - a Hoeveel windingen moet de primaire spoel hebben?
 - b Hoe groot is de primaire stroomsterkte?
- 6 Een transformator wordt aangesloten op een wisselspanning van 24 V. De secundaire spanning is 60 V. Op de secundaire spoel wordt een weerstand aangesloten van 30Ω . De secundaire spoel heeft 50 windingen.
 - a Teken het schema van deze schakeling.
 - b Bereken het aantal windingen van de primaire spoel.
 - c Bereken I_s .
 - d Bereken I_p .
 - e Berekendeer wat er met de primaire stroomsterkte gebeurt als de weerstand vervangen wordt door een weerstand van 300Ω .

T5 Elektriciteit gebruiken

In huis gebruik je elektriciteit. Daar heb je apparaten voor. Elk apparaat heeft weerstand. Je komt in huis verschillende schakelingen tegen.

Serieschakeling

FIG. 32 Twee weerstanden in serie.



Een schakelaar staat in serie met het apparaat. Een schakelaar is heel eenvoudig. Open: oneindig grote weerstand. Gesloten: geen weerstand. Heb je twee weerstanden in serie, dan kun je deze vervangen door één weerstand die even groot is als de som van de twee weerstanden (figuur 32). In formulevorm:

$$R_v = R_1 + R_2$$

In deze formule is R_v de vervangingsweerstand. Verder geldt in een serieschakeling:

$$U_{\text{bron}} = U_1 + U_2$$

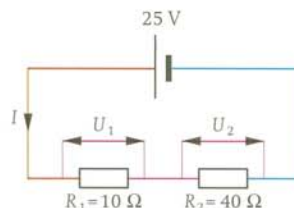
$$I_{\text{bron}} = I_1 = I_2 \text{ (} I \text{ is overal hetzelfde)}$$

VOORBEELD 1

In figuur 33 zie je een serieschakeling van twee weerstanden. De spanning van de bron is 25 V. $R_1 = 10 \Omega$ en $R_2 = 40 \Omega$.

Bereken de spanning over de weerstanden.

FIG. 33 Het berekenen van de spanning over de weerstanden.



Gegeven:

$$U_{\text{bron}} = 25 \text{ V}$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 40 \Omega$$

Gevraagd:

$$U_1 \text{ en } U_2$$

Formule:

$$U = I \cdot R$$

Oplossing:

De stroomsterkte I is nog onbekend.

We bepalen eerst de vervangingsweerstand van R_1 en R_2 .

$$R_v = R_1 + R_2 = 10 + 40 = 50 \Omega$$

Nu kunnen we I uitrekenen:

$$I = \frac{U}{R_v} = \frac{25}{50} = 0,5 \text{ A}$$

Tenslotte kunnen we de formule $U = I \cdot R$ invullen:

Let op: I is overal gelijk in een serieschakeling.

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,50 \times 10 = 5 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,50 \times 40 = 20 \text{ V}$$

Deze antwoorden kunnen we controleren: De spanning over R_1 en R_2 samen is $5 + 20 = 25 \text{ V}$. Dit is de spanning van de spanningsbron (U_{bron}).

Parallelschakeling

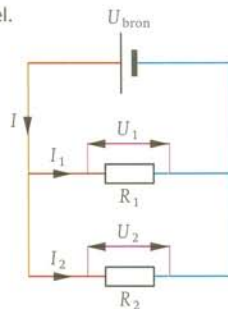
De elektrische apparaten in huis zijn parallel geschakeld. Ieder apparaat heeft een eigen aansluiting op de 230 V.

Heb je twee weerstanden parallel, dan kun je deze vervangen door één weerstand, de vervangingsweerstand (figuur 34). Hiervoor geldt de volgende formule:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

In deze formule is R_v weer de vervangingsweerstand.

FIG. 34 Twee weerstanden parallel.



Verder geldt in een parallelschakeling:

$$U_{\text{bron}} = U_1 = U_2$$

$$I_{\text{bron}} = I_1 + I_2$$

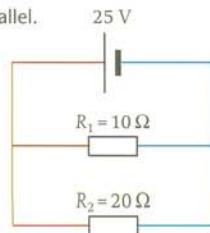
VOORBEELD 2

In figuur 35 zie je een parallelschakeling van twee weerstanden. De spanning van de bron is 25 V.

$R_1 = 10 \Omega$ en $R_2 = 20 \Omega$.

Bereken de stroomsterkte door de weerstanden en de stroomsterkte door de bron.

FIG. 35 Nog twee weerstanden parallel.



Gegeven:

$$U_{\text{bron}} = 25 \text{ V}$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 20 \Omega$$

Gevraagd:

I_1 , I_2 en I_{bron}

Formule:

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

Oplossing:

De spanning U over de weerstanden is nog onbekend. De spanning van 25 V staat over de parallelschakeling. Beide weerstanden zijn aan de ene kant met de + verbonden en aan de andere kant is met de -.

De spanning over beide weerstanden is dus 25 V.

Er geldt dus:

$$U_{\text{bron}} = U_1 = U_2 = 25 \text{ V}$$

Nu kunnen we I uitrekenen:

$$I_1 = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ A}$$

Verder geldt:

$$I_{\text{bron}} = I_1 + I_2 = 2,5 + 1,25 = 3,75 \text{ A}$$

Dit antwoord kunnen we ook op een andere manier berekenen: We bepalen eerst de vervangingsweerstand van de twee weerstanden.

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20}$$

$$R_v = \frac{20}{3} = 6,67 \Omega$$

Dan berekenen we stroomsterkte met:

$$I_{\text{bron}} = \frac{U}{R_v} = \frac{25}{6,67} = 3,75 \text{ A}$$

Dit antwoord hebben we op de andere manier ook gevonden.

- 1 **a** Hoe weet je of apparaten in serie of parallel geschakeld zijn?
b Geef minstens drie voorbeelden van serieschakelingen in huis.
c Wat geldt er voor de stroomsterkte in een serieschakeling?
d Wat geldt er voor de spanning over twee weerstanden die in serie aangesloten zijn op een spanningsbron?
- 2 **a** Geef minstens drie voorbeelden van parallelschakelingen in huis.
b Wat geldt er voor de stroomsterkte in een parallelschakeling?
c Wat geldt er voor de spanning over twee weerstanden die parallel aangesloten zijn op een spanningsbron?
- 3 In de schakeling van figuur 36 zie je twee weerstanden in serie. $R_1 = 10 \Omega$ en $R_2 = 15 \Omega$. Voor de spanning van de bron geldt: $U_{\text{bron}} = 50 \text{ V}$.
a Bereken de vervangingsweerstand van de twee weerstanden.
b Bereken I .
c Bereken U_1 en U_2 .
d Welke weerstand krijgt de grootste spanning en waarom is dat zo?

FIG. 36 In een serieschakeling wordt de spanning verdeeld.

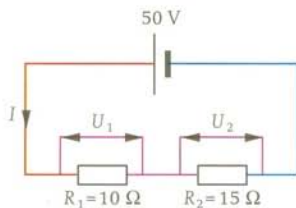
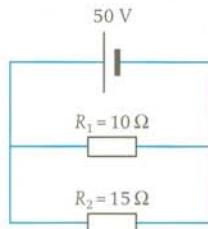


FIG. 37 In een parallelschakeling wordt de stroomsterkte verdeeld.

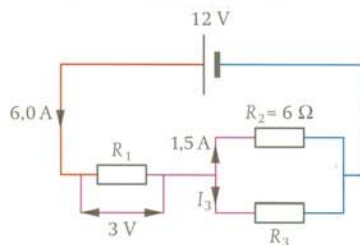


- 4 In de schakeling van figuur 37 zie je de twee weerstanden uit vraag 3 in een parallelschakeling.
a Bereken de vervangingsweerstand van de twee weerstanden.
b Bereken I .
c Bereken I_1 en I_2 .
d Door welke weerstand gaat de grootste stroomsterkte en waarom is dat zo?
 Vervolgens halen we R_1 weg uit de schakeling.
e Wat gebeurt er met de spanning over R_2 ?
f Wat gebeurt er met de stroomsterkte door R_2 ? Leg uit waarom dat zo is.
- 5 R_1 en R_2 zijn twee weerstanden. $R_1 = 48 \Omega$ en $R_2 = 72 \Omega$. R_1 en R_2 zijn in serie aangesloten op een spanningsbron van 4,5 V.
a Teken het schema van deze schakeling.
b Bereken de vervangingsweerstand.
c Bereken de stroomsterkte door de batterij, door R_1 en door R_2 .
d Bereken de spanning over R_2 .
- 6 R_1 en R_2 zijn twee weerstanden. $R_1 = 48 \Omega$ en $R_2 = 72 \Omega$. R_1 en R_2 zijn parallel aangesloten op een spanningsbron van 4,5 V.
a Teken het schema van deze schakeling.
b Bereken de vervangingsweerstand.
c Bereken de stroomsterkte door de batterij, door R_1 en door R_2 .
- 7 Een kerstboomverlichting bestaat uit 14 lampjes. Als één lampje los zit, zijn alle lampjes uit.
a Hoe zijn de lampjes geschakeld?
 Het lampje wordt weer vastgedraaid. De verlichting wordt aangesloten op 230 V.
b Hoe groot is de spanning over één lampje?
 De lampjes gebruiken ieder een vermogen van 3,0 W.
c Bereken de weerstand van zo'n lampje.

T6 Elektrisch regelen

- 8 Op een lamp staat 230 V, 100 W. De lamp is aangesloten op een spanning van 230 V.
- Bereken de stroomsterkte door die lamp.
 - Hoeveel van deze lampen kun je parallel aansluiten op een groep met een zekering van 16 A?
- 9 Bekijk de schakeling van figuur 38. De gegevens moet je uit de figuur halen.
- Bereken R_1 .
 - Bereken I_3 .
 - Bereken de spanning over R_2 .
 - Bereken R_3 .
 - Bereken de vervangingsweerstand van deze schakeling.

FIG. 38 Een combinatieschakeling.



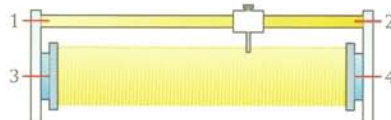
Met een schuifweerstand kun je de elektrische stroom regelen. Je kunt een schuifweerstand op twee manieren gebruiken:

- als weerstand die je kunt veranderen;
- in een schakeling waar je een deel van de spanning gebruikt: de spanningsdelers.

Werking van een schuifweerstand

In de tekening van figuur 39 zie je een schuifweerstand. Een schuifweerstand bestaat uit een lange draad. Deze draad is om een klos gewonden. Met een schuif kun je de stroom door een groter of door een kleiner deel van de draad laten gaan. Hoe langer het stuk is waar de stroom doorheen moet, hoe groter de weerstand. Een schuifweerstand is dus een weerstand die je kunt veranderen.

FIG. 39 Een schuifweerstand.



Als je de schakelingen van figuur 40 bekijkt, zie je dat de stroom in figuur 40a door één derde deel van de schuifweerstand moet. Dit gaat makkelijker dan in figuur 40b. In figuur 40a brandt de lamp dus feller.

FIG. 40a De lamp brandt fel.

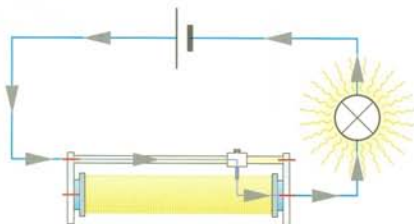
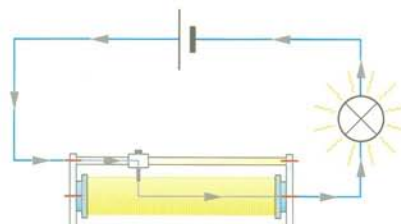
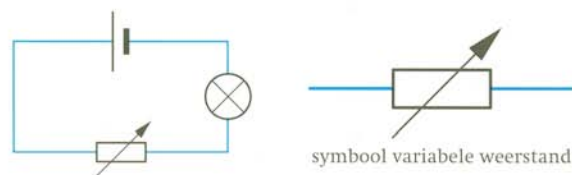


FIG. 40b De lamp brandt minder fel.



De schakeling van figuur 40 teken je schematisch zoals in figuur 41.

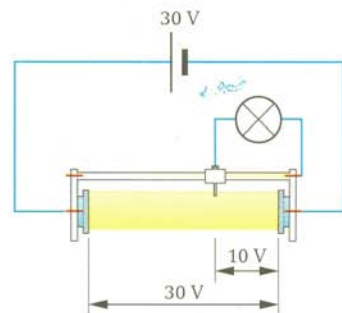
FIG. 41 Schakeling met een schuifweerstand (variabele weerstand).



De spanningsdeler

Bekijk de schakeling met de spanningsdeler (figuur 42).

FIG. 42 Een spanningsdeler.



De spanning van de bron (30 V) staat over de hele weerstand. De lamp gebruikt daar maar een deel van: 10 V in de schakeling. Als je de schuif verandert, verandert de spanning over de lamp. De grootste spanning krijg je als de schuif helemaal naar links staat: 30 V. De kleinste spanning heb je als de schuif helemaal naar rechts staat: 0 V.

Schematisch ziet deze schakeling eruit als in figuur 43.

FIG. 43 Schema van een spanningsdeler.

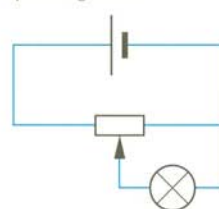
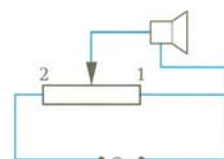


FIG. 44 Een schakeling met een potentiometer.



Een potentiometer werkt ook volgens dit principe (figuur 44). In stand 1 is de spanning over de luidspreker 0 V. In stand 2 is de spanning maximaal.

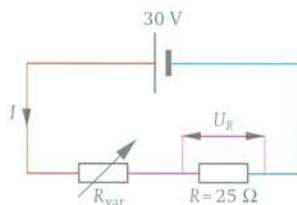
Draai-potentiometers vind je vaak op radio's, versterkers, maar ook op lichtdimmers (figuur 45).

Fig. 45 Een versterker met draai-potentiometer.



- 1 **a** Wat is een variabele weerstand?
b Hoe wordt een variabele weerstand gemaakt?
c Op welke twee manieren kun je een variabele weerstand in een schakeling gebruiken?
- 2 **a** Teken een schuifweerstand. De schuif van de schuifweerstand staat op $\frac{1}{4}$ deel van het rechter uiteinde.
 De schuifweerstand wordt over de volle lengte aangesloten op een spanning van 20 V. We gebruiken hem als spanningsdeler.
b Geef in je tekening aan tussen welke punten je een lamp moet aansluiten die maximaal 5 V kan hebben.
c Tussen welke punten meet je 15 V?
d Tussen welke punten is de spanning 20 V?
- 3 In de schakeling zie je een variabele weerstand R_{var} en een vaste weerstand R getekend (figuur 46). De bron zorgt voor een spanning van 30 V. $R_{\text{var}} = 25 \Omega$ en $R = 25 \Omega$.
a Bereken de vervangingsweerstand van deze twee weerstanden.
b Bereken de stroomsterkte I .
c Bereken met de wet van Ohm de spanning over de vaste weerstand R .

FIG. 46 Schakeling met een variabele weerstand en een vaste weerstand.



- d** Hoe had je dit ook veel sneller kunnen zien? De variabele weerstand wordt groter gemaakt. $R_{\text{var}} = 75 \Omega$.
e Bereken de spanning over de vaste weerstand R .
f Waarom is deze spanning kleiner geworden?
g Wat gebeurt er met het vermogen dat de bron levert, als je de variabele weerstand groter maakt?

- 4 In schakelingen met een transistor maak je vaak gebruik van een spanningsdeler. Een transistor werkt als een kleine elektronische schakelaar. Een transistor heeft drie aansluitingen. Als je een spanning groter dan 0,7 V op de middelste aansluiting hebt, brandt in de schakeling de lamp (figuur 47).
a Leg uit wat een transistor doet.
 In figuur 47 is R_{var} een weerstand die gevarieerd kan worden van 0Ω tot 1000Ω . R_{var} is zó ingesteld dat de lamp niet brandt.
b Leg uit wat je moet doen om ervoor te zorgen dat de lamp wel brandt.
 De spanningsbron zorgt voor een spanning van 5,0 V. R_{var} wordt nu op 500Ω gezet.
c Bereken de spanning op de middelste aansluiting van de transistor.
d Brandt de lamp?
e Bereken welke waarde R_{var} minstens moet hebben om de lamp te laten branden.

FIG. 47 Schakeling met een transistor.

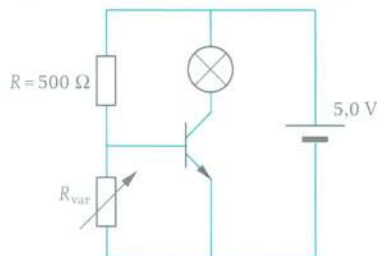
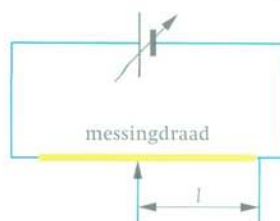


FIG. 48 Een draad als spanningsdeler.



- 5 In de schakeling van figuur 48 wordt een draad van messing gebruikt als spanningsdeler. De doorsnede van de draad is $0,20 \text{ mm}^2$. De draad heeft een lengte van 75 cm.

a Bereken de weerstand van de draad.

De spanningsdeler wordt aangesloten op een bron. De spanning wordt zó ingesteld dat er 5,0 V over de hele draad staat.

b Bereken hoe groot de lengte l moet zijn als je een spanning van 3,0 V af wilt nemen.

We nemen een stuk van de draad dat een weerstand heeft van $1,0 \Omega$. De spanning van de spanningsbron wordt opgedraaid, totdat er 5,0 V over dat stuk staat.

c Bereken op welke spanning de spanningsbron dan staat.

- 6 Een eenvoudige dimmer bestaat uit een lamp in serie met een variabele weerstand. Deze worden aangesloten op een spanningsbron.

a Teken het schema van de schakeling.

De variabele weerstand wordt ingesteld op 20Ω . Door de schakeling gaat dan een stroomsterkte van 0,2 A. De lamp brandt en gebruikt een vermogen van 5,0 W.

b Bereken de spanning over de variabele weerstand.

c Bereken de spanning over de lamp.

d Bereken de spanning van de spanningsbron.

De variabele weerstand wordt op 10Ω gezet.

e Beredeneer of de lamp nu feller, minder fel of even fel gaat branden.

FIG. 49 Een spanningsdeler.

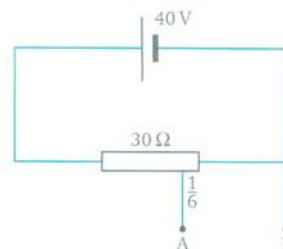
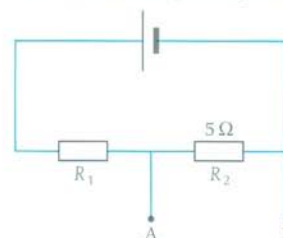


FIG. 50 Dezelfde spanningsdeler anders getekend.



- 7 In figuur 49 zie je een spanningsdeler getekend. De schuifweerstand heeft een waarde van 30Ω . De schuif staat op $\frac{1}{6}$ deel van het einde. De spanningsbron zorgt voor een spanning van 40 V.

a Bereken de spanning tussen A en B.

Je kunt een spanningsdeler ook anders begrijpen (figuur 50).

Bij de stand van figuur 46 is $R_2 = \frac{1}{6} \times 30 = 5 \Omega$.

b Bereken de waarde van R_1 .

c Bereken de stroomsterkte door de schuifweerstand.

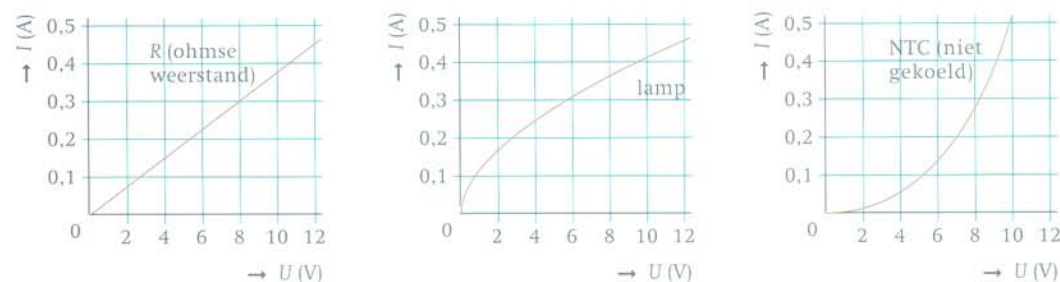
d Bereken de spanning over R_2 .

BLOK 3 HERHAALSTOF

H1 Begrippen in dit blok

Weerstand: eigenschap van een voorwerp (apparaat, draad) die aangeeft hoe moeilijk de elektrische stroom door dat voorwerp kan. Een voorwerp waar de stroom moeilijk doorheen kan, heeft een grote weerstand.

FIG. 51 Drie (I, U) -diagrammen.



(I, U) -diagram: diagram dat het verband weergeeft tussen de spanning over een apparaat en de stroomsterkte door dat apparaat. In figuur 51 is het (I, U) -diagram van drie soorten weerstanden getekend.

Uit een (I, U) -diagram kan met behulp van de wet van Ohm de weerstand van een voorwerp bij een bepaalde spanning of stroomsterkte bepaald worden.

NTC: speciaal soort weerstand, met een Negatieve Temperatuur Coëfficiënt. Dit wil zeggen dat de waarde van de weerstand *minder* wordt als de temperatuur *toeneemt*. Toepassing: temperatuur meten.

Variabele weerstand: weerstand waarvan de waarde instelbaar is.

Spanningsdeler: schakeling waarbij een deel van de spanning van een spanningsbron gebruikt kan worden (figuur 52).

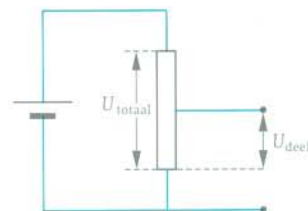


FIG. 52 Het schema van een spanningsdeler.

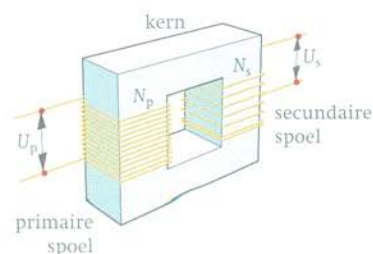
Soortelijke weerstand: de soortelijke weerstand van een stof geeft aan hoe groot de weerstand is van een draad die gemaakt is van die stof bij een lengte van 1,0 m en een doorsnede van 1,0 mm².

Het symbool voor soortelijke weerstand is ρ . De eenheid van soortelijke weerstand is $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

In je informatieboekje kun je de soortelijke weerstand van een stof opzoeken.

Transformator: een apparaat waarmee je de spanning kunt veranderen. Een transformator bestaat uit een kern en twee spoelen (figuur 53).

FIG. 53 Een transformator.



Een transformator wordt in veel apparaten toegepast, als deze apparaten op een andere spanning dan 230 V werken.

Primaire (eerste) spoel: de spoel van de transformator die je aansluit op de te transformeren wisselspanning.

Secundaire (tweede) spoel: de spoel die de omgevormde spanning levert.

Primaire spanning = U_p : de te transformeren wisselspanning; de spanning die je aansluit op de primaire spoel.

Secundaire spanning = U_s : de spanning die uit de transformator komt.

Inductie: de spanning die ontstaat als er in of bij een spoel een magneet beweegt. De werking van een dynamo en een transformator berust op inductie.

- 1
 - a Wat doet een dynamo?
 - b Hoe kun je een hogere spanning uit je dynamo krijgen?
 - c Waarom levert een dynamo wisselspanning?
 - d Wat doet een transformator?
 - e Hoe kun je een hogere spanning uit je transformator krijgen?
 - f Waarom werkt een transformator alleen op wisselspanning?
- 2
 - a Hoe kun je de weerstand van een apparaat berekenen als je de spanning (U) over het apparaat en de stroomsterkte (I) door het apparaat kent?
 - b Teken het schema waarmee je de metingen verricht om de weerstand van een apparaat te bepalen.
 - c Hoe kun je uit een (I, U)-diagram de weerstand bepalen?

d Bekijk het (I, U)-diagram van figuur 51. Bepaal de waarde van de ohmse weerstand bij een spanning van 5,0 V en van 10,0 V.

e Bekijk het (I, U)-diagram van figuur 51. Bepaal de waarde van de weerstand van de gloeilamp bij een spanning van 5,0 V en van 10,0 V.

f Bekijk het (I, U)-diagram van figuur 51. Bepaal de waarde van de weerstand van de NTC bij een spanning van 5,0 V en bij een spanning van 10,0 V.

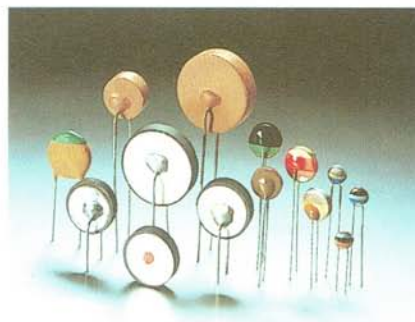
g Hoe verandert de waarde van de ohmse weerstand als de spanning groter gemaakt wordt?

h Hoe verandert de weerstand van de lamp als de spanning over de lamp groter wordt? Geef hier een verklaring voor.

i Hoe verandert de weerstand van de NTC als de spanning groter wordt? Wat weet je dan van de temperatuur van de NTC als de spanning over de NTC 10 V is?

- 3
 - a Waarom neemt de weerstand van een lamp toe als de spanning groter wordt?
 - b Wat is er zo bijzonder aan een NTC? (Zie figuur 54.)
 - c Waar kun je een NTC voor gebruiken?

FIG. 54 NTC's.



- 4 **a** Waarom gebruikt men hoogspanning om elektriciteit over grotere afstanden te transporteren?
b Hoe krijg je toch een spanning van 230 V in huis?
- 5 Zowel een spanningsdeler als een transformator dienen om de spanning te regelen.
a Wat is het verschil tussen beide apparaten?
b Wat is het voordeel van een transformator?
c Wat is het nadeel van een transformator?
d Geef een voorbeeld waar een spanningsdeler gebruikt wordt.
e Geef een voorbeeld waar een transformator gebruikt wordt.
- 6 **a** Waar wordt een variabele weerstand gebruikt?
b Maak een tekening van een variabele weerstand en leg de werking ervan uit.
- 7 **a** Maak een overzicht van alle formules die in dit blok voorkomen.
b Maak een overzicht van alle grootheden met bijbehorende eenheid die je in dit blok bent tegengekomen (in figuur 55 zie je een voorbeeld).

FIG. 55 Tabel van grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning	U	volt	V
stroomsterkte	I	ampère	A
.....
.....
.....

BLOK 3 HERHAALSTOF

H2 Weerstand

Je moet vaak de weerstand van een voorwerp uitrekenen. Dit kan op twee manieren: met de wet van Ohm, of als het voorwerp een draad is, met de formule voor de weerstand van een draad.

Manier 1: De wet van Ohm

Je meet de spanning (U) over het voorwerp. Je meet de stroomsterkte (I) door het voorwerp.

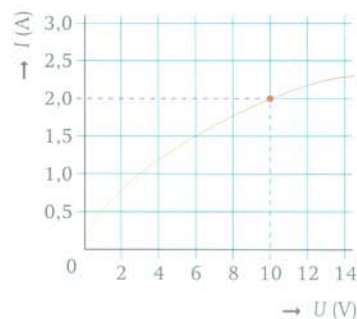
Met $R = \frac{U}{I}$ bereken je de weerstand van het voorwerp.

In figuur 56 is het (I, U)-diagram van een lamp gegeven. Om de weerstand bij een spanning van 10 V te bepalen ga je als volgt te werk:

Je leest eerst af wat de stroomsterkte door de lamp is bij 10 V (in dit geval 2,0 A). Vervolgens reken je de weerstand uit:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2,0} = 5,0 \, \Omega$$

FIG. 56 Het (I, U)-diagram van een gloeilamp.



- 1 **a** Neem de tabel van figuur 57 over en vul hem verder in.
- b** Wat gebeurt er met de weerstand van de lamp als je de spanning over de lamp groter maakt?
- c** Leg uit dat dit klopt met de theorie uit de basisstof.

FIG. 57 De weerstand van een gloeilamp.

U (V)	I (A)	R (Ω)
0	0,0	.....
2	.....	.....
4	.....	.....
6	.....	.....
8	.....	.....
10	2,0	5,0
12	.....	.....

- 2 **a** Wat is er zo bijzonder aan een 'ohmse' weerstand?
Een weerstand heeft een waarde van 20 Ω .
- b** Neem de tabel van figuur 58 over en vul verder in.
- c** Teken van deze weerstand het (I, U)-diagram.

FIG. 58 De stroomsterkte door een ohmse weerstand.

R (Ω)	U (V)	I (A)
20	2,0	0,1
20	4,0	.....
20	6,0	.....
20	8,0	.....
20	10,0	.....

- 3 **a** Welke andere bijzondere weerstand ken je nog meer?
- b** Wat is daar zo bijzonder aan?
- c** Noem apparaten waarin deze weerstand gebruikt wordt.

Manier 2: De weerstand van een draad

In je informatieboekje kun je voor draden van verschillend materiaal met een lengte van 1,00 m en een doorsnede van 1,0 mm² de weerstand vinden. Dit noemen we de soortelijke weerstand van een stof. Zo is de soortelijke weerstand van een draad van chroom: 0,13 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

- 4 **a** De soortelijke weerstand van een draad van chroom is 0,13 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Zeg met eigen woorden wat daarmee bedoeld wordt.
- b** Hoe groot is de weerstand van een draad die gemaakt is van chroom, een doorsnede heeft van 1,0 mm² en een lengte van 25 m?
- c** Als je een dikkere draad neemt, gaat de elektrische stroom makkelijker door de draad. Wat gebeurt er dan met de weerstand?
- d** Bereken de weerstand van een chroomdraad met een lengte van 25 m en een oppervlakte van 5,0 mm².
- 5 Als je elektriciteit over een lange afstand gaat vervoeren, is het belangrijk dat de verliezen zo klein mogelijk zijn. De weerstand van de kabels moet je zo klein mogelijk houden (figuur 59).
 - a** Wat betekent dit voor de dikte van de kabels?
 - b** Zoek in je informatieboekje van welk materiaal je de kabels het beste kunt maken.
Men kiest toch voor koper.
 - c** Bereken de weerstand van een kabel met een lengte van 25 km en een doorsnede van 1,5 cm² (dat is 150 mm²).
De stroomsterkte door de kabel is 50 A.
 - d** Hoe groot is de spanning over de kabel?
 - e** Op welke manier kun je ervoor zorgen dat er minder verliezen zijn bij het transport van elektriciteit?

FIG. 59 Elektriciteitstransport over lange afstand.

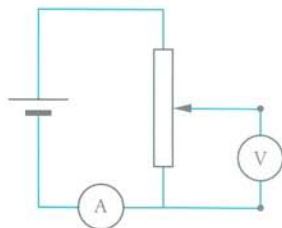


De spanningsdeler

Je weet nu dat de weerstand van een draad afhangt van de lengte van de draad. Bij een spanningsdeler wordt hiervan gebruik gemaakt.

- 6 Bekijk het schema van de spanningsdeler (figuur 60). De spanningsbron zorgt voor een spanning van 5,0 V. De stroommeter geeft 0,2 A aan.
- Bereken de weerstand van de hele draad. De draad is 10 cm lang.
 - Hoe groot is de weerstand van een stuk van 5 cm?
 - Bereken de spanning die de spanningsmeter aan geeft.
 - Verklaar de naam 'spannings-deler'.

FIG. 60 Een spanningsdeler.



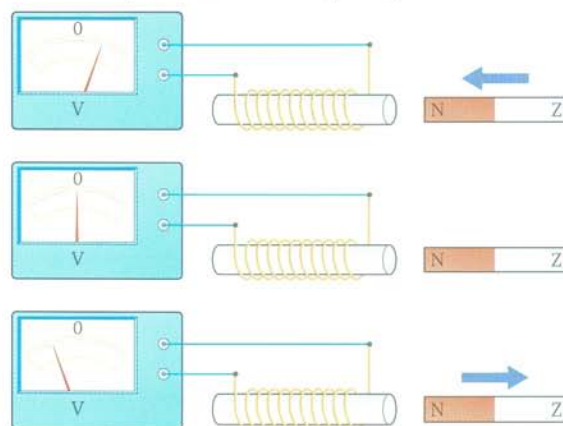
BLOK 3 HERHAALSTOF

H3 Inductie

Inductie

Een inductiespanning kun je opwekken door in een spoel het magnetisch veld te veranderen. In figuur 61 is de proef waarin je dat zag, nog eens getekend.

FIG. 61 Het opwekken van inductiespanning.



De inductiespanning hangt af van de volgende factoren:

- Hoe meer windingen de spoel heeft bij dezelfde lengte, hoe groter de inductiespanning.
- Een weekijzeren kern in de spoel vergroot de opgewekte spanning.
- Hoe sterker de magneet, hoe groter de opgewekte spanning.
- Als de magneet sneller beweegt, is de opgewekte spanning groter.

- Beschrijf wat er gebeurt in figuur 61.
- Een toepassing van het principe van figuur 61 is de dynamo.
 - Leg uit hoe je met een dynamo een spanning op kunt wekken.
 - Waarom is dit een wisselspanning?
 - Waarom gaat je koplamp feller branden als je sneller fietst?

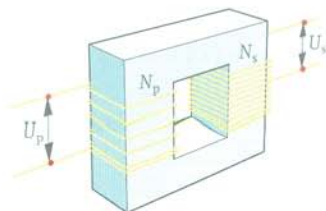


FIG. 62 Een transformator.

Transformator

Een andere toepassing van inductie is de transformator. Een transformator bestaat uit een kern en twee spoelen (figuur 62). Op de ene spoel zet je een wisselspanning. Je stopt daar energie in. Dit noemen we de primaire spoel.

Aan de andere kant zit ook een spoel. Dit is de secundaire spoel. Als er in de primaire spoel een stroom loopt, wordt dat een *elektromagneet*. Er ontstaat in de kern een magnetisch veld. Dus er ontstaat in de secundaire spoel ook een magnetisch veld. Deze spoel zit immers op dezelfde kern. Sluit je de primaire spoel aan op een wisselspanning, dan wisselt het magnetisch veld in de primaire spoel steeds. Dus krijgt de secundaire spoel een *wisselend magnetisch veld*, waardoor er steeds een *inductiespanning* opgewekt wordt. Een wisselspanning aan de primaire kant zorgt voor een wisselspanning aan de secundaire kant.

Als het aantal windingen van de secundaire spoel groter is dan van de primaire spoel, is de secundaire spanning ook groter dan de primaire spanning. In formule:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

Als de spanning groter wordt, wordt de stroomsterkte kleiner. In formule:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Dus pas op! Dit is net andersom als bij de spanning!

Een transformator kan geen energie maken. Dus de energie die je er in een seconde in stopt, is even groot als de energie die je er in een seconde aan de secundaire kant uit krijgt.

Het vermogen dat er aan de primaire kant in gaat, is even groot als het vermogen dat er aan de secundaire kant uitkomt. In formulevorm:

$$P_p = P_s$$

ofwel:

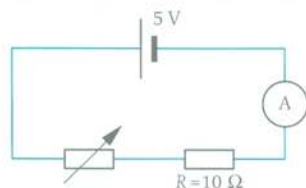
$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

- 3 a Leg met je eigen woorden nog eens uit hoe een transformator werkt.
b Waarom werkt een transformator alleen op wisselspanning?
- 4 De elektrische racebaan van Hans werkt met een transformator. De primaire spoel wordt aangesloten op 230 V en heeft 100 windingen. De secundaire spoel wordt aangesloten op de baan en heeft 10 windingen.
a Bereken de spanning die over de baan staat. Op een gegeven moment gebruikt de racebaan 46 W.
b Hoe groot is dan de stroomsterkte in de primaire spoel?
c Hoe groot is dan de stroomsterkte in de secundaire spoel?
d Waarom werkt men bij elektrisch speelgoed altijd met een transformator die de spanning kleiner maakt?
- 5 Een beltransformator zet de netspanning van 230 V om in een spanning van 11,5 V. Het aantal windingen van de primaire spoel is 500.
a Bereken het aantal windingen in de secundaire spoel.
De bel gebruikt een vermogen van 4,6 W.
b Bereken de stroomsterkte in de secundaire spoel.
c Bereken de stroomsterkte in de primaire spoel.

H4 Oefenen met examenopgaven

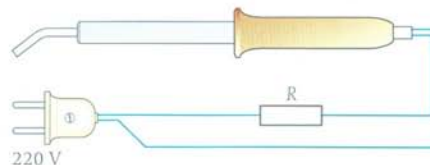
- 1 Een boerderij bevindt zich op 2,5 km van een transformatorhuisje. In het transformatorhuisje wordt de spanning naar 230 V getransformeerd. De grootst mogelijke stroomsterkte naar de boerderij bedraagt 50 A.
a Beredeneer dat er voor de elektriciteitsvoorziening van de boerderij in totaal 5,0 km kabel nodig is.
b Bereken de weerstand van de kabels als de spanning in de boerderij niet onder de 200 V mag komen.
c De kabels zijn van koper. Hoe dik moet de koperen kern in de kabel zijn?
d Als de melkmachine aanslaat, gaan de lampen in de boerderij minder fel branden. Leg uit hoe dat mogelijk is.
- 2 **a** Reken de stroomsterkte door een lamp van 60 W uit, als deze aangesloten wordt op een spanning van 220 V.
b Bereken het vermogen van de lamp van 220V; 60W als deze aangesloten wordt op 230 V. Neem daarbij aan dat de weerstand van de lamp niet verandert.
c Hoeveel procent is het vermogen toegenomen?
d Waarom neemt de levensduur van de lamp af als de spanning over de lamp groter wordt?

FIG. 63 Schakeling met een schuifweerstand.



- 3 In de tekening zie je een schakeling met een schuifweerstand (figuur 63). Bij verschillende standen van de schuifweerstand wordt de stroomsterkte door een weerstand gemeten.
a Bereken de totale weerstand van de schakeling als de schuifweerstand een waarde heeft van $0\ \Omega$.
b Bereken de stroomsterkte door weerstand R .
c Bereken de spanning over weerstand R .
De schuifweerstand wordt op een waarde van $5\ \Omega$ gezet.
d Bereken weer de stroomsterkte door en de spanning over weerstand R .
e Waarom wordt de stroomsterkte door weerstand R kleiner?
- 4 Jan heeft een soldeerbout waarop staat: 120 V; 200 W. Als hij deze soldeerbout op het lichtnet (220 V) aansluit, moet hij de spanning verlagen. Dit kan door een weerstand in serie te schakelen met de soldeerbout (figuur 64).
a Bereken de stroomsterkte door de soldeerbout als deze aan is.
b Bereken de waarde van de weerstand in serie.
c Bereken het gebruikte vermogen door soldeerbout en weerstand samen.

FIG. 64 Een soldeerbout in serie met een weerstand.



- 5** Hans gaat een spoel wikkelen, maar heeft daar koperdraad voor nodig. Hij gaat naar 'Beun, alles van elektriciteit', een winkeltje in de buurt. Beun wil Hans een klos verkopen waar 100 m koperdraad met een doorsnede van $0,1 \text{ mm}^2$ op zit. Hans vertrouwt Beun niet. Misschien is de klos van binnen hol en zit er veel minder op.
- a** Op welke manieren kan Hans nagaan of de klos van binnen hol is?
- Van de vele mogelijkheden kiest Hans het bepalen van de lengte van de draad door het meten van de weerstand.
- b** Teken de schakeling waarmee Hans metingen kan doen om de weerstand van de draad te berekenen.
- c** Hans vindt dat de weerstand $3,4 \Omega$ is. Bereken hoe lang de draad is.
- De verkoper loopt lachend weg en zegt dat hij per ongeluk een klos met dunner draad gepakt heeft.
- d** Geloof jij dat? Waarom wel/niet?

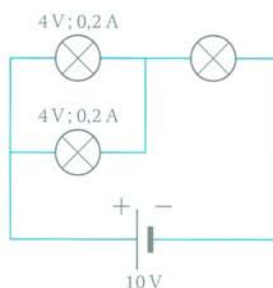
FIG. 65 Fiets met fietscomputer.



- 6** Op mijn fiets zit een fietscomputer. Deze werkt met een magneetje dat op de spaken vastzit. Het magneetje draait langs een spoeltje op de voorvork (figuur 65). Het spoeltje is met een snoertje verbonden met een apparaatje dat meet hoeveel tijd er verloopt tussen het langs het spoeltje komen van de magneet.
- a** Op welk principe berust de werking van de magneet en de spoel?
- Voordat ik kon gaan fietsen, moest ik eerst in het computertje opgeven wat de omtrek van mijn voorwiel is.
- b** Waarom was dat nodig?
- c** Hoe berekent dat computertje de afstand die ik gefietst heb?
- d** Hoe berekent dat computertje mijn snelheid?
- e** Als ik harder ga fietsen, wordt de inductiespanning in het spoeltje groter. Leg dit uit.

- 7** Drie lampjes zijn geschakeld volgens het schema van figuur 66. Alle lampjes branden normaal. De spanningsbron levert een spanning van 10 V. Van twee lampjes zijn de spanning waarop ze branden en de stroom erdoor gegeven.
- Wat hoort er te staan op het derde lampje?
- A 2 V; 0,2 A
 B 2 V; 0,4 A
 C 6 V; 0,2 A
 D 6 V; 0,4 A
 E 10 V; 0,2 A
 F 10 V; 0,4 A

FIG. 66 Schema met drie lampjes.



- 8 Lenie wil van constantaandraad een weerstand van $1,0 \, \Omega$ maken. Ze wil daartoe van een klos constantaandraad de goede lengte afknippen. Op de klos staat dat de doorsnede van de draad $0,50 \, \text{mm}^2$ is. Bereken de lengte van de constantaandraad die Lenie nodig heeft.
- 9 In de tekening zie je een transformator die als ideaal beschouwd mag worden (figuur 67). De primaire spoel heeft 1000 windingen en is aangesloten op 220 V wisselspanning. De secundaire spoel heeft 20 windingen. De stroommeter wijst 5,0 A aan. Bereken de weerstand R in de secundaire kring.

FIG. 67 Een transformator.

