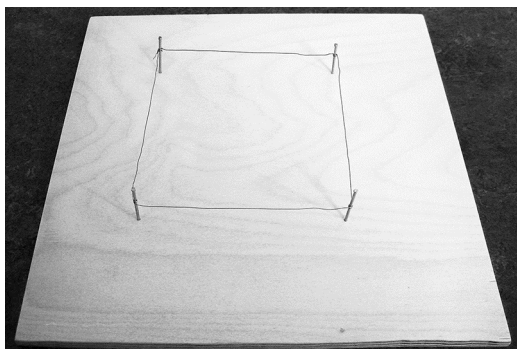


Opgave 3 Elektriciteit op een plankje

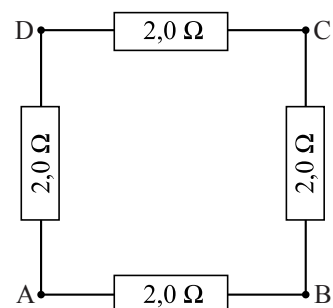
Op een plankje vormen vier ijzeren spijkers de hoekpunten van een vierkant. Om de spijkers wordt een metalen draad gespannen. Zie de foto in figuur 1. Een zijde van het vierkant is 13,8 cm lang en heeft een weerstand van $2,0 \Omega$.

In figuur 2 is de situatie schematisch weergegeven. De spijkers zijn met de letters A, B, C en D aangeduid.

figuur 1



figuur 2



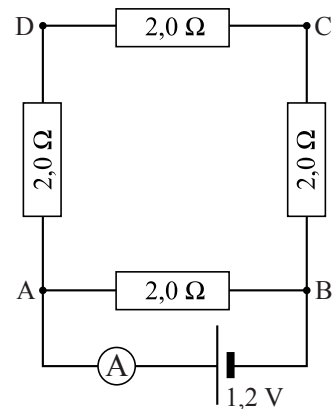
De oppervlakte van de doorsnede van de draad is $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$.

- 4p 13 Toon met een berekening aan dat de draad van constantaan is.

Paul sluit op de spijkers A en B een batterij aan met een spanning van 1,2 V en een stroommeter. De schakeling die dan ontstaat, is in figuur 3 schematisch weergegeven.

- 4p 14 Bereken de stroomsterkte die de stroommeter aanwijst.

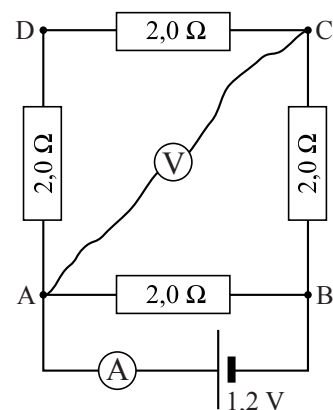
figuur 3



Paul sluit een spanningsmeter aan tussen de punten A en C. Zie figuur 4.

- 3p 15 Bereken de spanning die de spanningsmeter aanwijst.

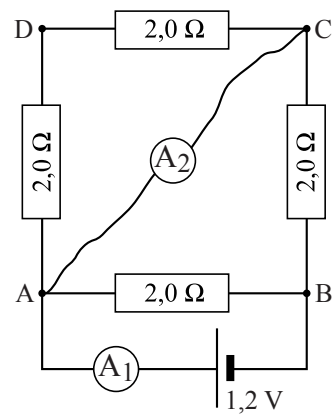
figuur 4



Paul vervangt de spanningsmeter tussen A en C door een stroommeter. Zie figuur 5.
Een gedeelte van de schakeling is daardoor kortgesloten omdat de stroommeter geen weerstand heeft.

- 3p **16** Bereken de stroomsterktes die de stroommeters A_1 en A_2 aanwijzen.

figuur 5



Opgave 5 Zekeringen in een auto

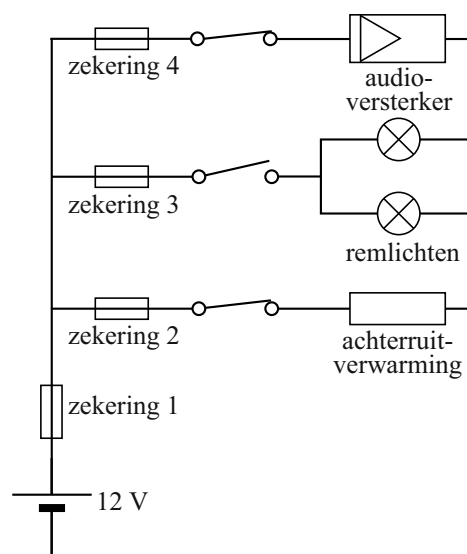
Op een koude winterdag heeft een automobilist de achterrautverwarming en de audioversterker in zijn auto aangezet.

In figuur 1 is een deel van de elektrische installatie van de auto schematisch weergegeven.

Als de bestuurder op de rem trapt, sluit de schakelaar achter zekering 3 en gaan beide remlichten branden.

De remlichten hebben ieder een vermogen van 21 W. De accu levert een constante spanning van 12 V.

figuur 1



- 3p 21 Bereken de stroomsterkte die dan door zekering 3 loopt.

Als de bestuurder niet meer remt, gaat de schakelaar achter zekering 3 weer open.

- 2p 22 Beantwoord de volgende vragen:
- Is de stroomsterkte door zekering 2 nu kleiner geworden, gelijk gebleven of groter geworden?
 - Is de stroomsterkte door zekering 1 nu kleiner geworden, gelijk gebleven of groter geworden?

De weerstand van de achterrautverwarming is $0,900 \Omega$, de weerstand van de draden tussen de accu en de achterrautverwarming is $0,022 \Omega$.

De achterrautverwarming staat aan.

- 4p 23 Bereken het elektrische vermogen van de achterrautverwarming.

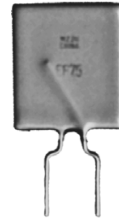
De eigenaar van de auto besluit een nieuwe audioversterker met een vermogen van 420 W aan te sluiten. Hij vervangt hiervoor zekering 4 van 20 A door een zekering van 40 A.

In de handleiding van de audioversterker staat een opmerking dat nu ook andere, dikkere, aansluitdraden naar de accu getrokken moeten worden.

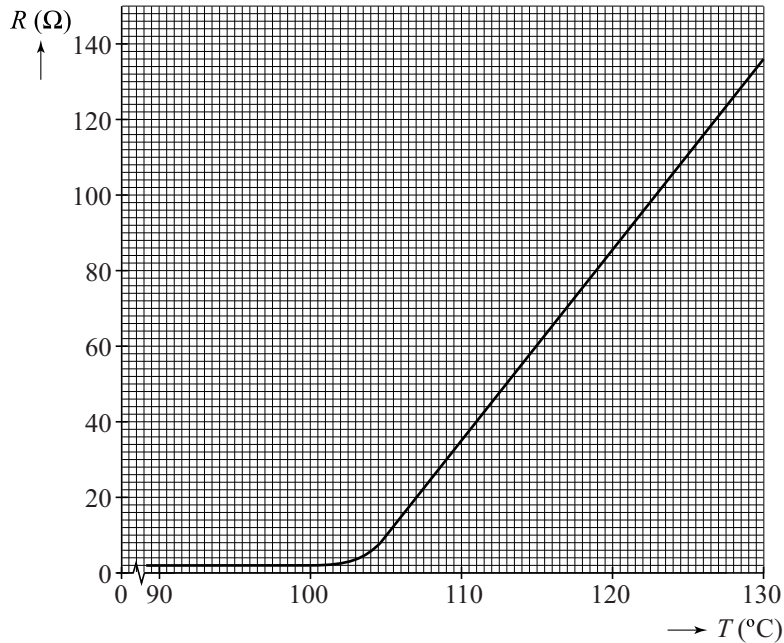
- 4p 24 Leg uit dat:
- de grootte van de nieuwe zekering van 40 A goed gekozen is;
 - de opmerking in de handleiding over brandveiligheid gaat.

Soms worden, in plaats van smeltzekeringen PPTC-weerstanden (Polymeer Positieve Temperatuur Coëfficiënt) als zekering gebruikt. Zie figuur 2. In figuur 3 is de weerstand R van zo'n PPTC-weerstand gegeven als functie van de temperatuur T .

figuur 2



figuur 3



In de schakeling van figuur 1 wordt zekering 1 vervangen door een PPTC-weerstand waarvan de weerstand verandert zoals in figuur 3 is weergegeven.

Op een bepaald moment vindt er kortsluiting plaats in beide remlichten. De weerstand van de remlichten is dan gelijk aan nul.

Zolang de kortsluiting niet verholpen wordt, is de temperatuur van de PPTC-weerstand minstens $120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4p **25** Voer de volgende opdrachten uit:

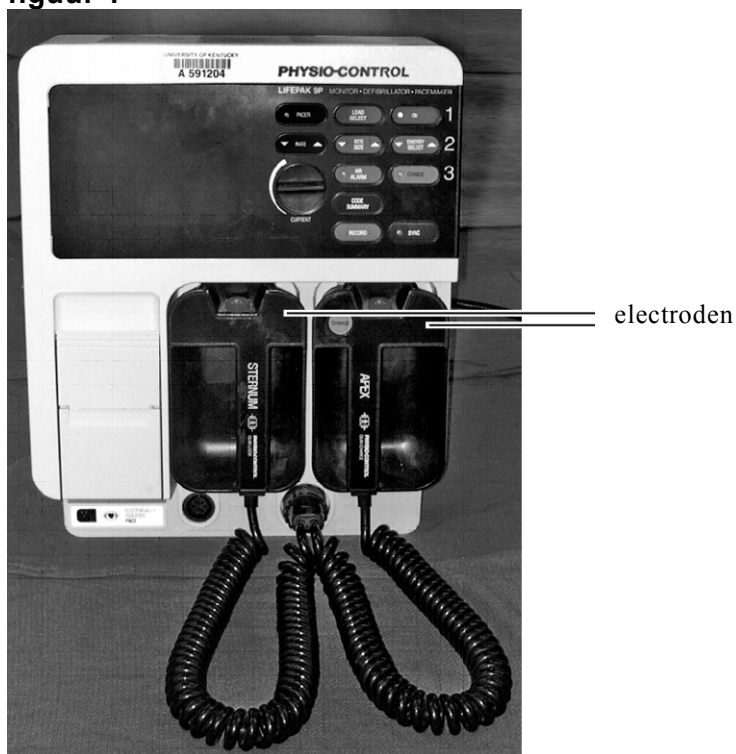
- Bepaal de stroomsterkte door de PPTC-weerstand bij $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ tijdens een kortsluiting.
- Leg uit dat de PPTC-weerstand bij kortsluiting in de remlichten voorkomt dat er gedurende lange tijd een grote stroomsterkte door de kabels loopt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Opgave 1 Defibrillator

Een defibrillator wordt gebruikt om het hart van mensen met een acute hartstilstand te reactiveren. Zie figuur 1.

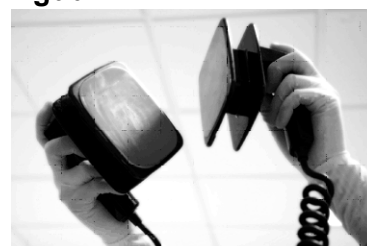
figuur 1



De borstkas van de patiënt wordt ontbloot, waarna elektrisch geleidende gel op de huid gesmeerd wordt.

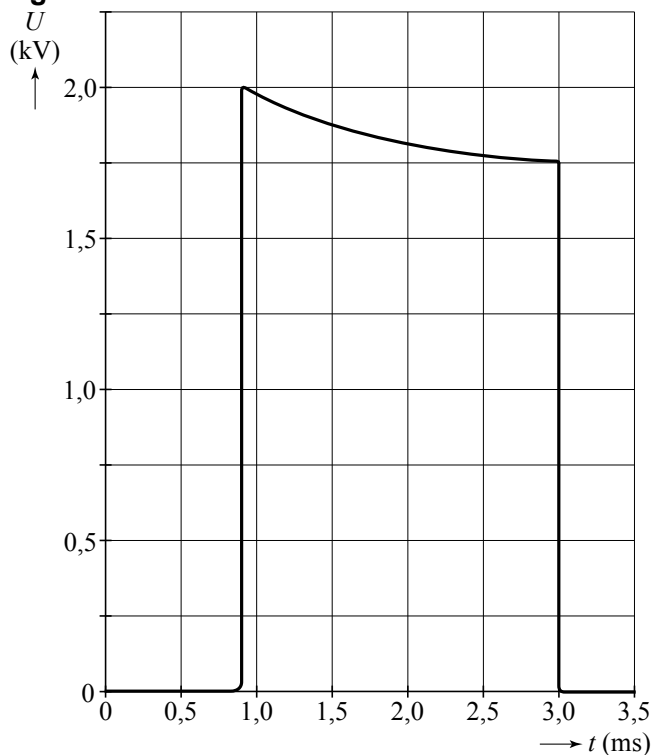
Nadat de elektroden, zie figuur 2, op de gel zijn geplaatst, dient men een korte sterke spanningspuls toe. Door het hart van de patiënt loopt dan gedurende korte tijd een grote stroom.

figuur 2



In figuur 3 staat het verloop van de spanning als functie van de tijd vereenvoudigd weergegeven.

figuur 3



Dankzij de gel is de weerstand tussen de elektroden slechts 25Ω . Neem aan dat deze weerstand tijdens de duur van de puls constant is.

3p **1** Bepaal de grootste stroomsterkte tijdens de puls tussen de elektroden.

Belangrijk is de hoeveelheid energie die de puls bevat. Deze hoeveelheid energie mag niet groter zijn dan 360 J .

4p **2** Ga met een berekening na of de hoeveelheid energie in de puls van figuur 3 bij de weerstand van 25Ω tussen de elektroden onder deze waarde blijft.

In noodsituaties gebruikt men de defibrillator soms zonder eerst gel aan te brengen. De weerstand tussen de elektroden is dan veel groter.

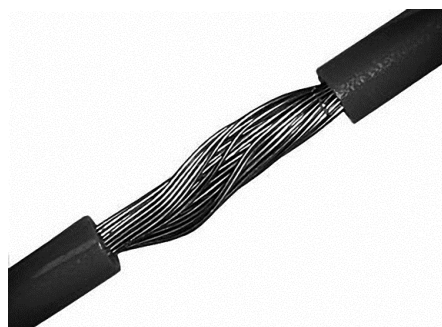
2p **3** Leg uit wat het gevolg hiervan is voor de hoeveelheid energie in de puls.

Als er geen gel gebruikt wordt, bestaat de kans dat de patiënt brandwonden op zijn borstkas krijgt.

2p **4** Leg uit waarom.

Draadbreuk

Judith en Fons bestuderen 'samengestelde draad' die gebruikt worden bij proeven met lage gelijkspanning. Samengestelde draden bestaan uit een bundel niet geïsoleerde dunne koperdraadjes. Zie figuur 1.



Een voordeel is dat zo'n samengestelde draad soepeler is dan een draad van massief koper.

Fons noemt als ander voordeel dat de draad bij dezelfde lengte met dezelfde massa koper minder elektrische weerstand heeft dan een massieve draad van dezelfde lengte en dezelfde massa.

2p **24** Leg uit of Fons gelijk heeft.

De samenstelling van zo'n soepele draad wordt aangegeven met:

$$(n \times d).$$

Hierin is:

- n het aantal koperdraadjes;
- d de diameter van één draadje in mm.

Een nadeel van samengestelde draden is de beperking van de stroomsterkte. De 'maximale stroomdichtheid' van samengestelde draden ($d < 0,5 \text{ mm}$) is $3,6 \text{ A mm}^{-2}$.

Fons bestudeert de eigenschappen van een samengestelde draad van 1,0 m met samenstelling: $(30 \times 0,10)$.

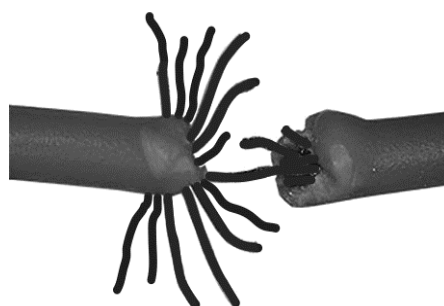
6p **25** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de weerstand van deze samengestelde draad.
- Bereken de maximale spanning die over deze samengestelde draad mag staan.

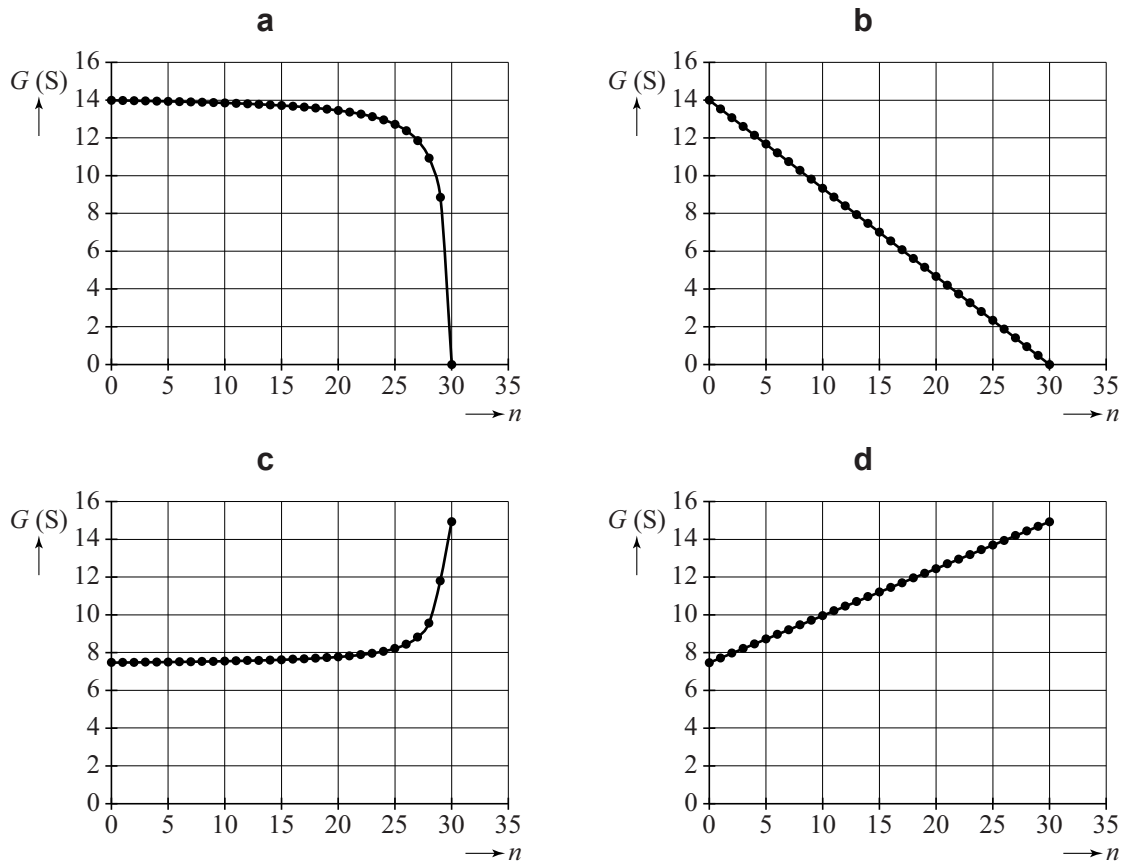
Judith wil uitzoeken hoe de geleidbaarheid G van de totale draad van 1,0 m lengte verandert als ze de draadjes één voor één doorknipt en een klein stukje uit elkaar vouwt. In figuur 2 is een voorbeeld weergegeven (met minder dan 30 draadjes).

Zij tekent daartoe de vier diagrammen die staan weergegeven in figuur 3a tot en met 3d.

figuur 2



figuur 3



In elk diagram staat de geleidbaarheid G uitgezet tegen het aantal doorgeknipte draadjes n .

- 2p 26 Leg met behulp van de begrippen serie en/of parallel uit welk diagram het verloop van de geleidbaarheid G het best weergeeft.

Judith wil weten of er door het quantum-tunneleffect ook geleiding mogelijk is, als er in een draadje door een breuk een minieme luchtspleet ontstaat. Door dit effect te vergelijken met de werking van de Scanning Tunneling Microscope (STM), die afstanden ter grootte van één atoom overbrugt, wil Judith een schatting maken van de *maximale* breedte van de luchtspleet waarbij het quantum-tunneleffect kan optreden.

Hieronder staan drie ordes van grootte van die schatting:

- a 10^{-3} m
- b 10^{-6} m
- c 10^{-9} m

- 2p 27 Kies de beste schatting. Licht je antwoord toe.

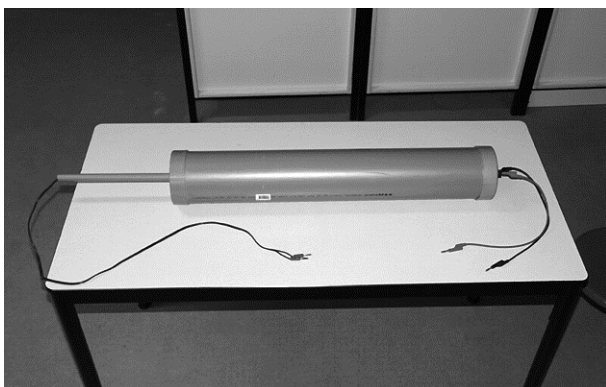
Opgave 1 Lichtpracticum

Bij een practicum op school moeten Amy en Rianne de volgende onderzoeksvraag beantwoorden:

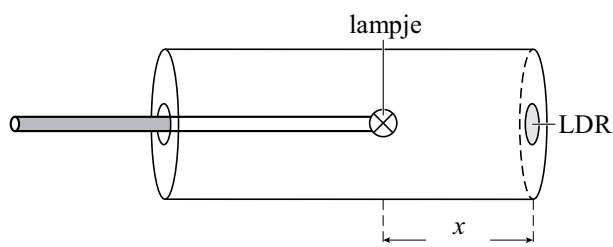
Wat is bij een brandend fietslampje het verband tussen de verlichtingssterkte en de afstand tot dat brandend fietslampje?

Om de verlichtingssterkte bij verschillende afstanden te bepalen, gebruiken Amy en Rianne de opstelling van figuur 1. Een schematische tekening van de opstelling staat in figuur 2.

figuur 1



figuur 2

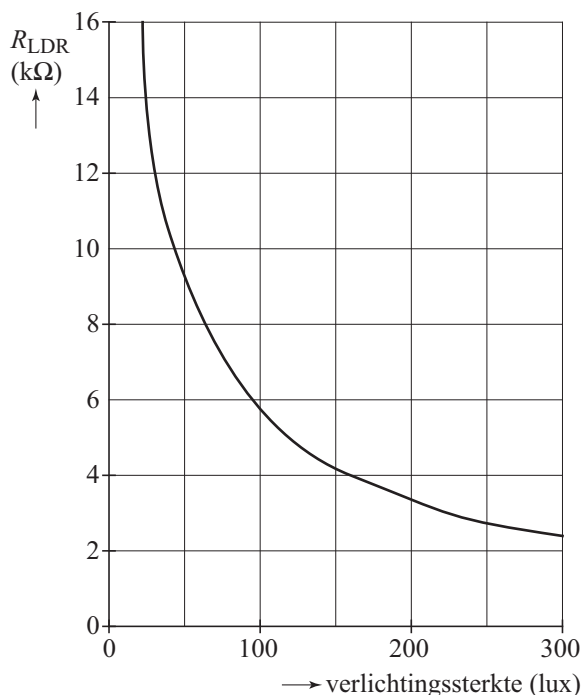


De opstelling bestaat uit een dikke PVC-buis die van binnen zwart is gemaakt. Aan de ene kant is de buis afgesloten met een deksel waarop een LDR gemonteerd is. Aan de andere kant zit een deksel met een staaf. Aan de staaf zit het fietslampje. Door met de staaf te schuiven kunnen Amy en Rianne de afstand x tussen het lampje en de LDR instellen.

- 2p 1 Beantwoord de volgende vragen.
- Waarom is de buis aan beide kanten afgesloten?
 - Waarom is de buis van binnen zwart gemaakt?

De ijkgrafiek van de LDR staat weergegeven in figuur 3.

figuur 3



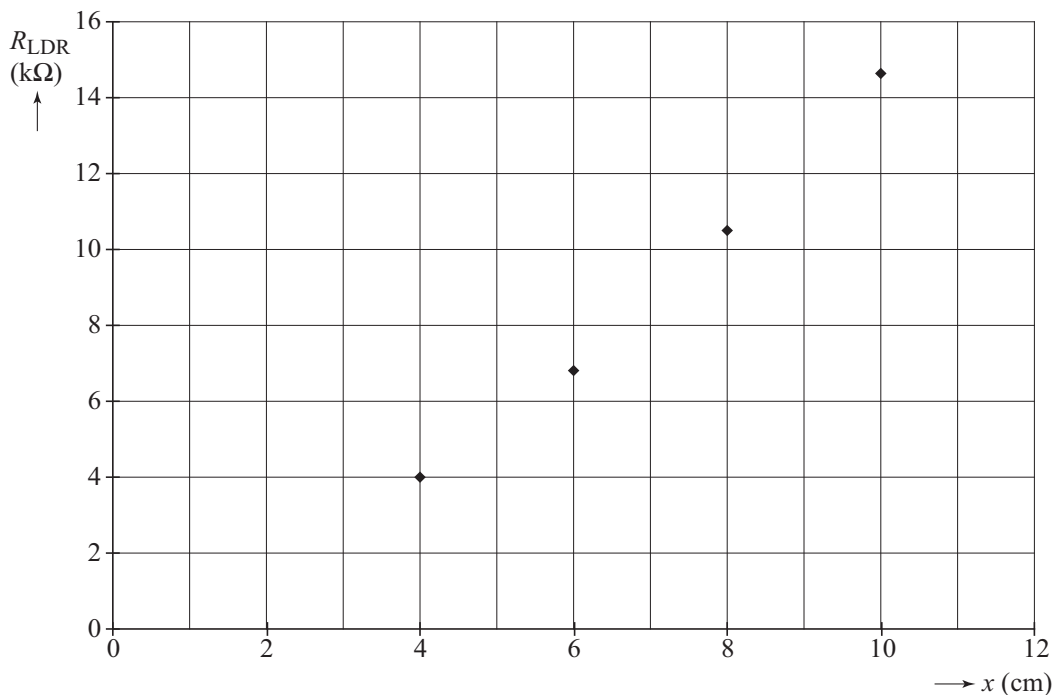
Ze nemen de LDR op in een schakeling met een spanningsbron van 6,0 V, een extra weerstand van 10 k Ω en een spanningsmeter.

4p **2** Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken een schakeling met alleen deze componenten, die geschikt is om de weerstand van de LDR te bepalen.
- Leg uit hoe de waarde van de weerstand van de LDR hiermee te bepalen is.

Amy en Rianne bepalen de weerstand van de LDR bij verschillende afstanden x tussen het lampje en de LDR. Zij zetten hun meetpunten in het diagram van figuur 4.

figuur 4



Amy en Rianne willen nu controleren of de verlichtingssterkte op afstand x van een brandend fietslampje omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand x tot het lampje. Dit is een voorbeeld van de kwadratenwet.

Hierbij maken zij gebruik van de ijkgrafiek van de LDR. Zie figuur 3.

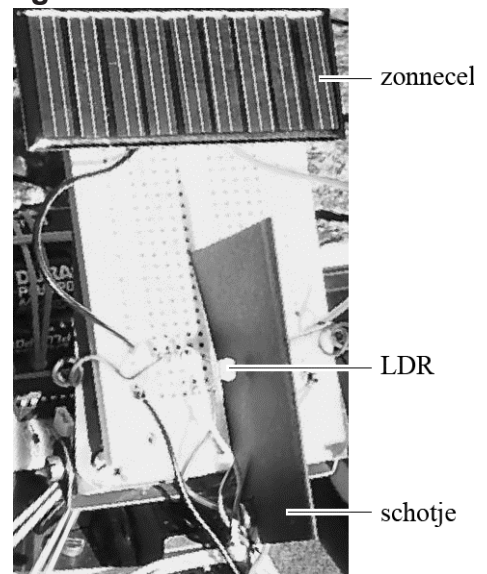
4p **3** Ga na of de metingen bij 4 en 8 cm de kwadratenwet ondersteunen.

Zonvolgsysteem

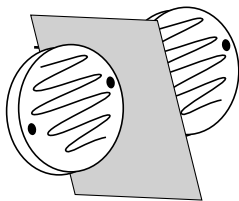
Tammo en Jelle hebben voor hun profielwerkstuk een 'zonvolgsysteem' gemaakt. Dit is een opstelling met een zonnepaneel dat meedraait met de zon, zodat het zonnepaneel steeds loodrecht op de invallende zonnestrallen staat. Het zonvolgsysteem bevat onder andere twee exact dezelfde LDR's (light dependent resistor) met daartussen een schotje. Zie figuur 1 en figuur 2.

Als de zon niet recht boven de twee LDR's staat, valt er een schaduw van het schotje op één van de twee LDR's. Zie figuur 3.

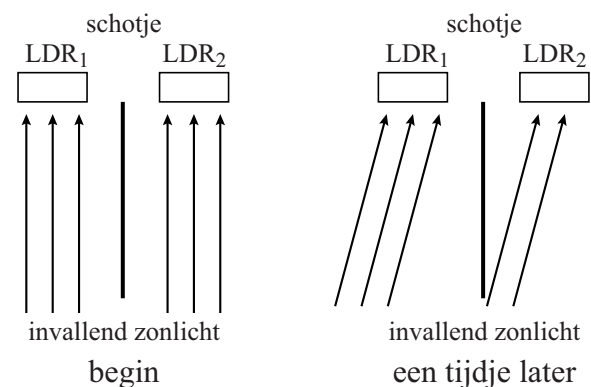
figuur 1



figuur 2



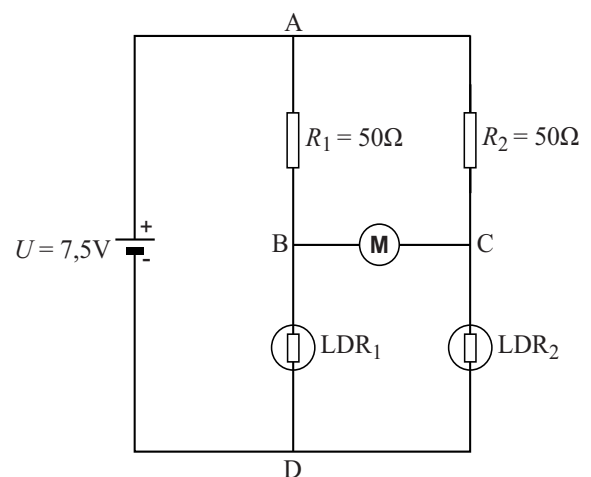
figuur 3



Tammo en Jelle plaatsen de twee LDR's in een schakeling met een elektromotor die de opstelling met het zonnepaneel kan laten draaien. Het schakelschema van het zonvolgsysteem staat in figuur 4.

Om de schakeling te testen laten ze op beide LDR's evenveel licht vallen, zodat de weerstand van beide LDR's gelijk is.

figuur 4



2p 1

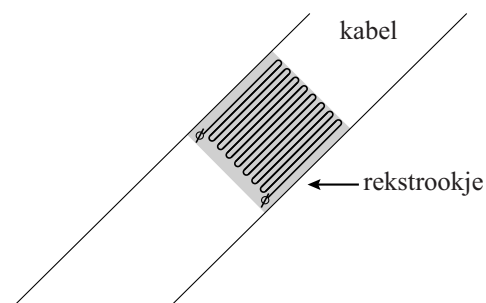
Leg uit dat er in dit geval geen elektrische stroom door de motor loopt.

Opgave 3 Rekstrookje

Om te controleren of een brug niet te zwaar belast wordt, maakt men gebruik van sensoren. In zo'n sensor zit een zogenoemd 'rekstrookje', dat op een kabel van de brug is geplakt. In zo'n rekstrookje is een lange, dunne constantaandraad verwerkt. Zie figuur 1.



figuur 1



Deze draad heeft een weerstand van 350Ω en een diameter van $40 \mu\text{m}$.

- 3p **9** Bereken de lengte van de constantaandraad.

Als er veel verkeer op de brug is, rekt de kabel een beetje uit. Het rekstrookje rekt relatief evenveel uit. Bij deze uitrekking verandert de weerstand van het rekstrookje. Door deze weerstandsverandering te meten, weet men of de kabel te veel uitrekt.

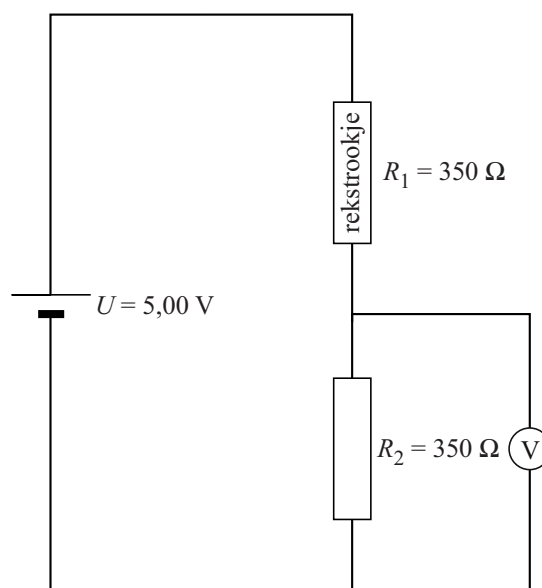
Als het strookje uitrekt, wordt de weerstand van de constantaandraad groter.

- 2p **10** Geef twee redenen hiervoor.

De weerstandsverandering van het rekstrookje kan bepaald worden met de schakeling van figuur 2. Als de weerstand van het rekstrookje $1,0 \Omega$ groter wordt, verandert de spanning die de spanningsmeter aangeeft minder dan een half procent.

- 3p **11** Toon dat aan.

figuur 2



Om de weerstandsverandering beter te meten, wordt de schakeling van figuur 3 gebruikt. Als het rekstrookje niet is uitgerekt, geeft de spanningsmeter 0,000 V aan.

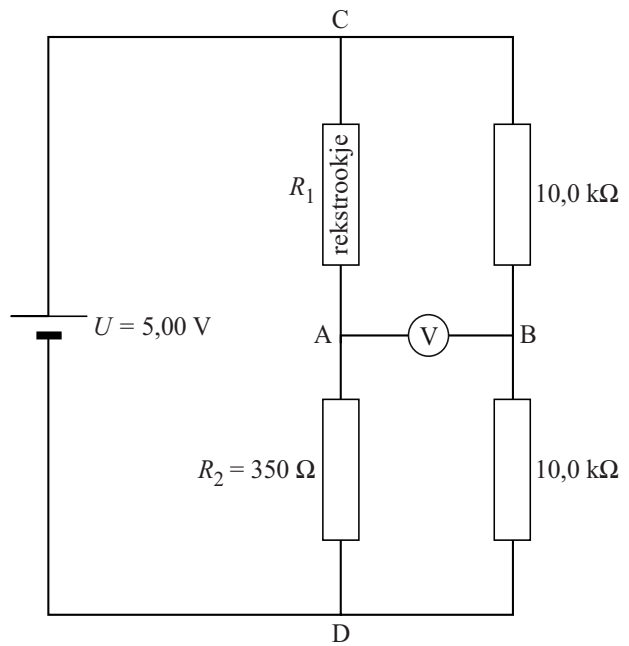
2p **12** Leg dit uit.

Als het rekstrookje uitrekt, geeft de spanningsmeter wel een spanning aan. Zie figuur 4.

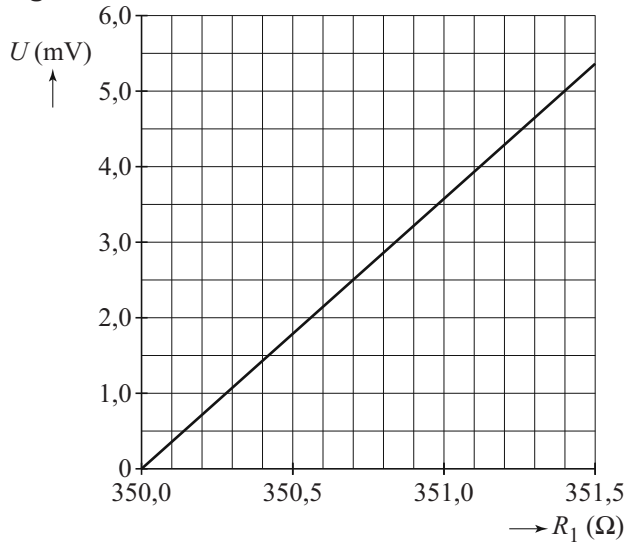
Een verandering van de weerstand van het rekstrookje van $1,0 \Omega$ kan nauwkeuriger gemeten worden met de schakeling van figuur 3 dan met de schakeling van figuur 2.

2p **13** Leg dit uit.

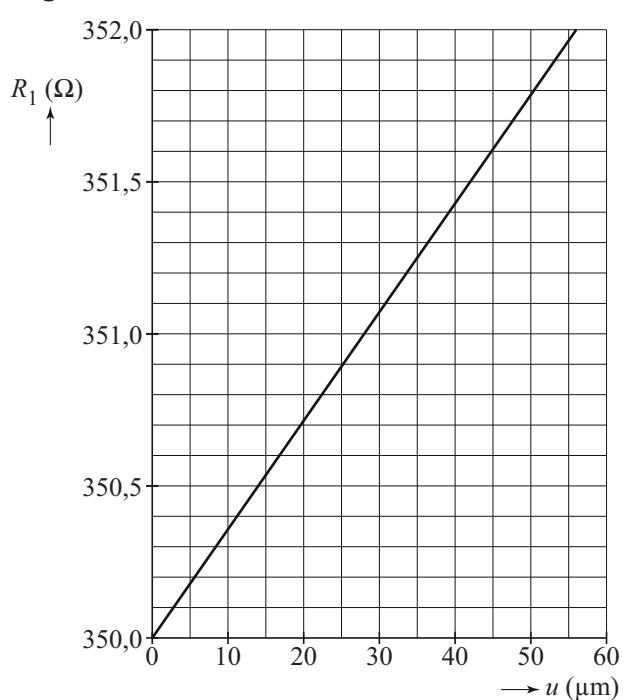
figuur 3



figuur 4



figuur 5



Het rekstrookje heeft een lengte van 6,1 cm en is op een 198 m lange kabel van de brug vastgeplakt. In figuur 5 is het verband tussen de weerstand en de uitrekking van het rekstrookje weergegeven.

Als door veel verkeer de kabel van de brug 12 cm uitrekt, gaat een alarm af.

3p **14** Bepaal bij welke spanning het alarm afgaat.

Energievoorziening voor een weerstation

Een afgelegen weerstation is gedurende het hele jaar vierentwintig uur per dag in bedrijf. De installatie wordt van energie voorzien door een 12-volts-accu.

Het elektrisch vermogen van de installatie varieert sterk en bedraagt gemiddeld 2,3 W.

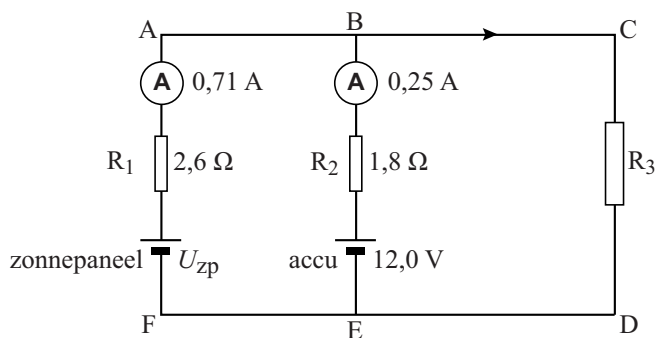
Een volledig opgeladen accu heeft een capaciteit van 75 Ah. (Dit houdt in dat de volledig opgeladen accu gedurende 1,0 uur een stroom van 75 A kan leveren, of gedurende 3,0 uur een stroom van 25 A, enzovoorts.)

Deze accu voldoet niet om de installatie één jaar te laten werken.

- 3p **22** Bereken het aantal volledig opgeladen accu's dat in één jaar nodig zou zijn als ze niet tussentijds worden opgeladen.

Overwogen wordt om naast de accu een zonnepaneel in de schakeling op te nemen. Hiertoe wordt een proefopstelling gebouwd. Zie figuur 1.

figuur 1



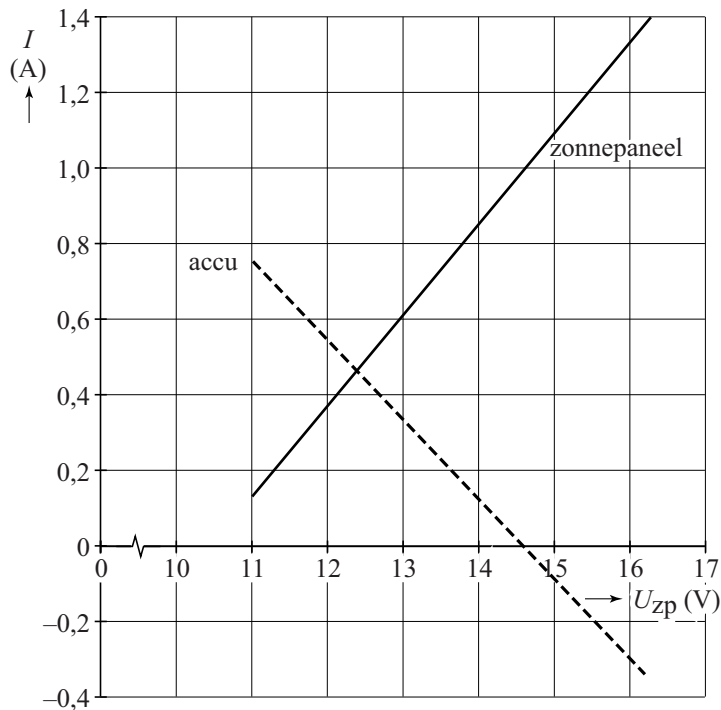
De installatie van het weerstation is weergegeven door een gewone weerstand, aangegeven met R_3 . Het zonnepaneel staat in de schakeling parallel aan de accu.

Bij een bepaalde lichtsterkte op het zonnepaneel leveren beide spanningsbronnen stroom aan de weerstand R_3 en worden de in figuur 1 weergegeven stroomsterktes gemeten.

- 4p **23** Bereken het vermogen dat in dat geval aan weerstand R_3 geleverd wordt.
- 3p **24** Bereken de spanning U_{zp} van het zonnepaneel bij deze lichtsterkte. Gebruik hierbij de spanningswet van Kirchhoff.

De spanning van het zonnepaneel hangt af van de hoeveelheid (zon)licht. Als de hoeveelheid licht toeneemt, neemt U_{zp} toe. Als U_{zp} verandert, blijken zowel de stroom die het zonnepaneel levert als de stroom die de accu levert te veranderen. Dit is weergegeven in figuur 2.

figuur 2



- 3p **25** Beantwoord de volgende vragen:
- Voor welke waarden van U_{zp} wordt de accu opgeladen?
 - Voor welke waarden van U_{zp} levert de accu stroom aan het zonnepaneel?

Het is ongewenst dat de accu stroom levert aan het zonnepaneel. Dit kan men verhinderen door een diode in de schakeling op te nemen.

Op de uitwerkbijlage staat de schakeling van figuur 1 weergegeven.

- 2p **26** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de diode op een juiste plaats en in de juiste richting.

Opgave 3 Toeristenpet

Suzanne heeft op vakantie een bijzondere pet gekocht. Zie figuur 4.

figuur 4



In de klep van de pet zit een motortje met daaraan vier ventilatorbladen die voor verkoeling zorgen als ze ronddraaien. Een zonnepaneeltje voorziet dit motortje van energie.

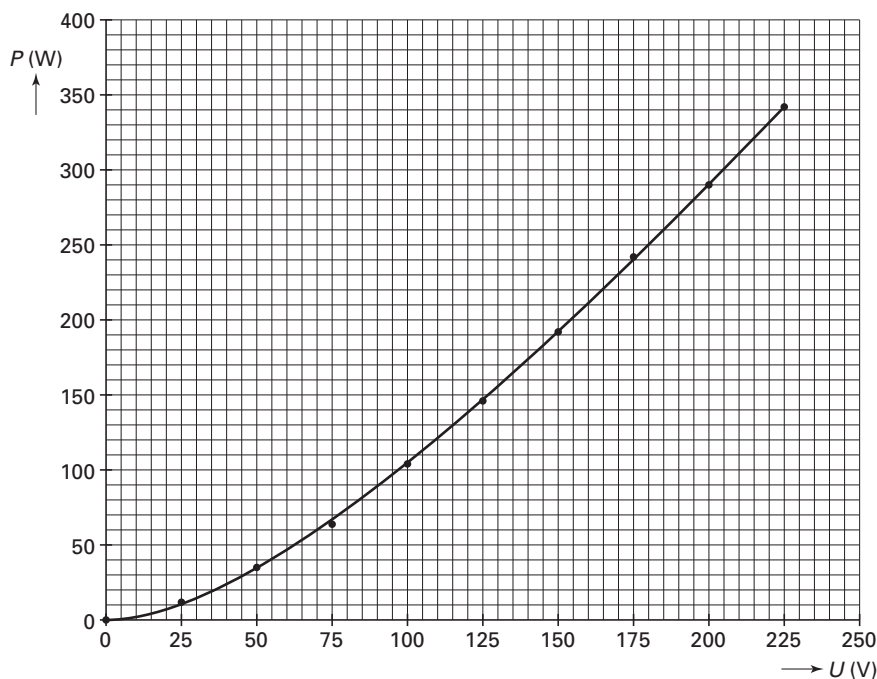
Suzanne wil op school onderzoeken hoe de omwentelingsfrequentie van het motortje afhangt van het vermogen van het invallende licht.

Daarvoor gebruikt ze een felle lamp. Eerst bepaalt zij hoe het vermogen van deze lamp afhangt van de spanning waarop hij is aangesloten.

Suzanne gebruikt een regelbare spanningsbron.

In figuur 5 staat de (P, U) -grafiek die zij gevonden heeft.

figuur 5



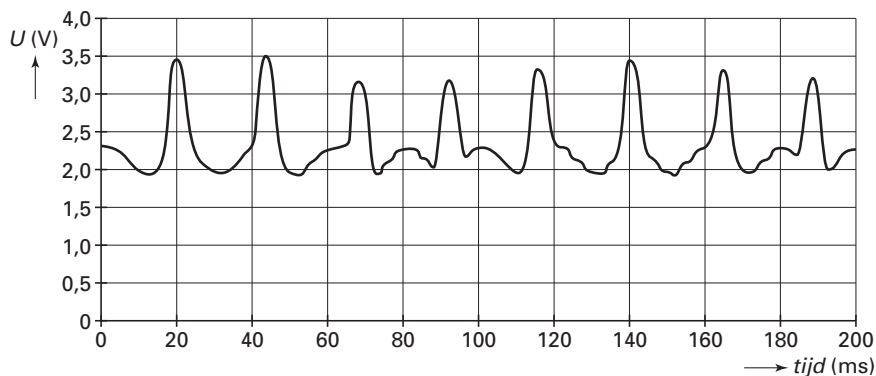
- 4p **9** Beschrijf wat Suzanne moest doen om deze grafiek te verkrijgen. Teken daartoe eerst de schakeling die zij gebruikt heeft.
- 4p **10** Ga na of de weerstand van de lamp afhangt van de spanning waarop de lamp is aangesloten.

Suzanne zet het zonnepaneel op 9 cm afstand van de gloeidraad in de lamp.
 Zij stelt de spanning in op 175 V. Het motortje draait met een constant toerental.
 Zij gaat ervan uit dat het rendement van de lamp bij deze spanning 5% bedraagt.
 Zij beschouwt de lamp als een lichtbron die in alle richtingen evenveel licht uitzendt.
 Het zonnepaneeltje is 5,5 cm lang en 4,6 cm breed.

- 4p **11** Bereken het vermogen van het licht dat op het zonnepaneeltje valt. Ga er daarbij vanuit dat het hele paneeltje zich op 9 cm van de lamp bevindt.

Suzanne bepaalt de omwentelingsfrequentie van het motortje. Zij richt een laserstraal op een sensor. De sensor geeft dan een constante spanning af.
 Dan laat zij de vier ventilatorbladen periodiek deze laserstraal onderbreken.
 In figuur 6 staat het nieuwe sensorsignaal.

figuur 6



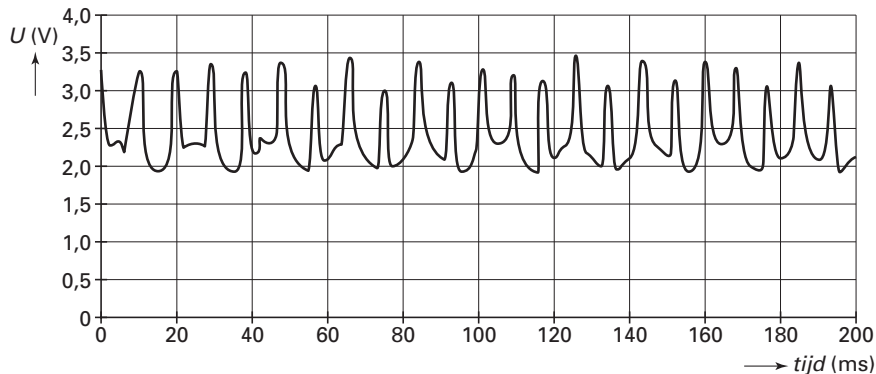
- 3p **12** Bepaal de omwentelingsfrequentie van het motortje.

Suzanne stelt nu als hypothese: *De omwentelingsfrequentie is recht evenredig met het vermogen van het licht dat op het zonnepaneeltje valt.*

Zij verhoogt de spanning over de lamp van 175 V naar 225 V.

In figuur 7 staat het sensorsignaal als de lamp brandt op een spanning van 225 V.

figuur 7



- 4p **13** Ga na of de resultaten in overeenstemming zijn met de hypothese van Suzanne.

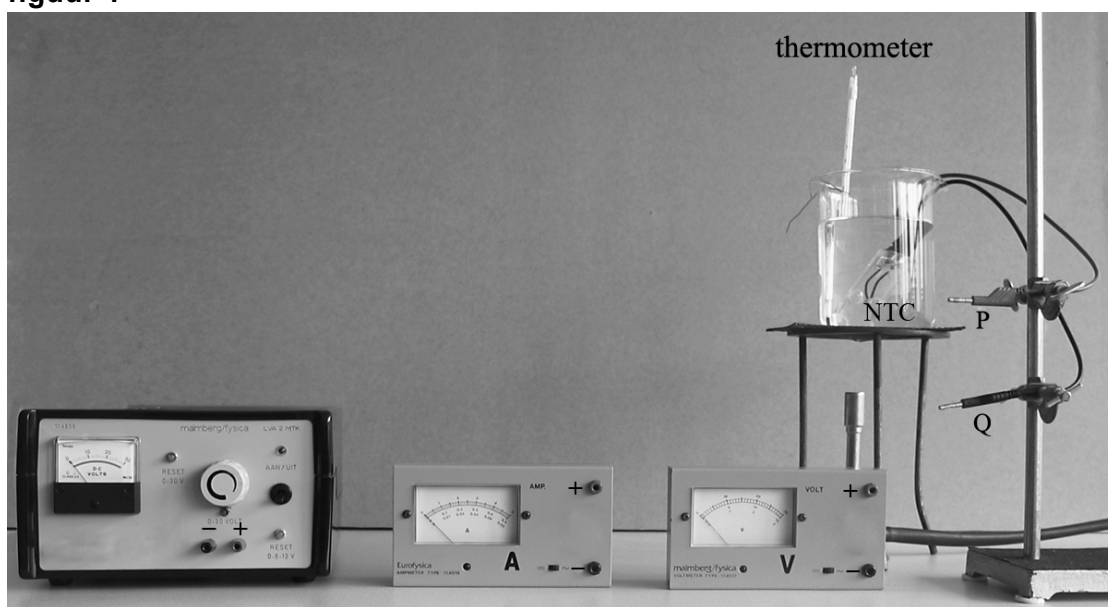
Opgave 2 WaarschuwingLED

Pierre en Diane maken tijdens een practicum een waarschuwingssysteem waarbij een LED gaat branden als de temperatuur $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ of hoger is.

Op de practicumtafel staan de volgende spullen klaar (zie figuur 1):

- een driepoot met brander en een glas gevuld met water en ijs;
- een NTC en een thermometer die zich in het water bevinden;
- een regelbare spanningsbron, een volt- en een ampèremeter.

figuur 1



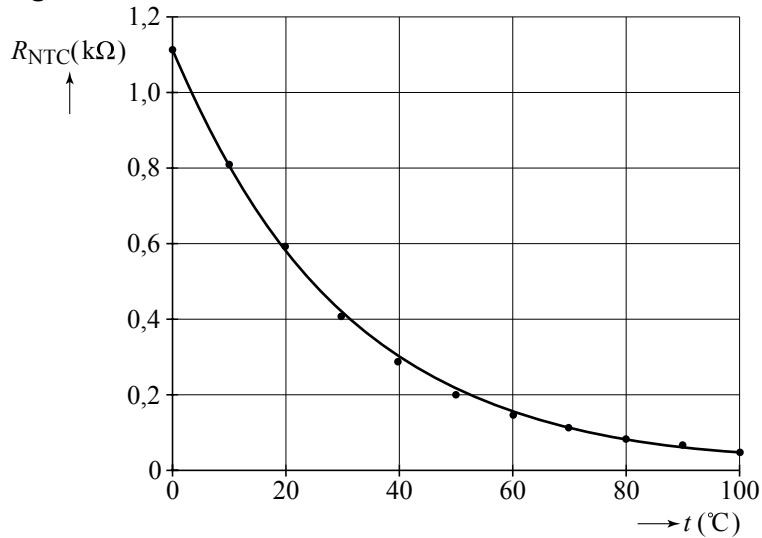
Zij willen eerst een grafiek maken van de weerstand van de NTC tegen de temperatuur. Daarvoor moet nog een aantal elektrische verbindingen in de practicumopstelling van figuur 1 gemaakt worden. P en Q zijn de aansluitpunten van de NTC.

Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **5** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de draden die nodig zijn om de metingen voor deze grafiek te kunnen uitvoeren.

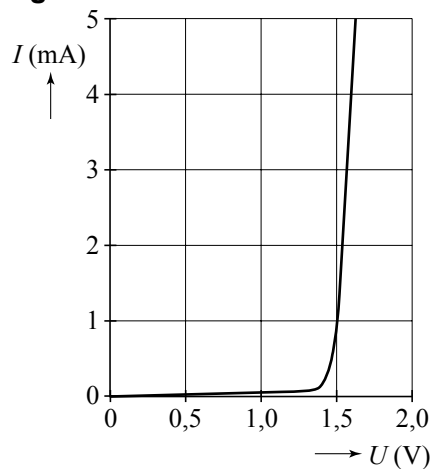
In figuur 2 zie je de grafiek die Diane en Pierre hebben gemaakt.

figuur 2

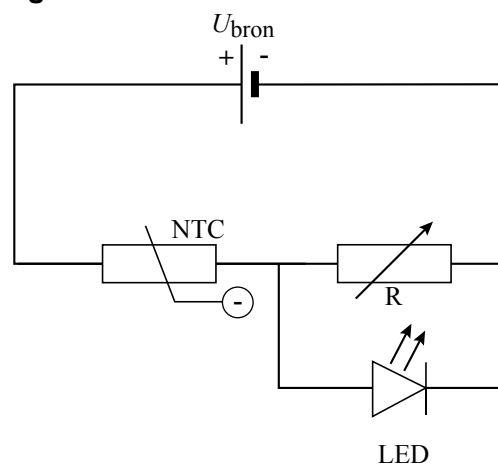


Voor het waarschuwingssysteem beschikken zij verder nog over een variabele weerstand en een LED. In figuur 3 staat het (I, U) -diagram van de LED. De LED geeft licht als er een stroom van ten minste 1,0 mA door gaat. Diane en Pierre bouwen de schakeling van figuur 4.

figuur 3



figuur 4

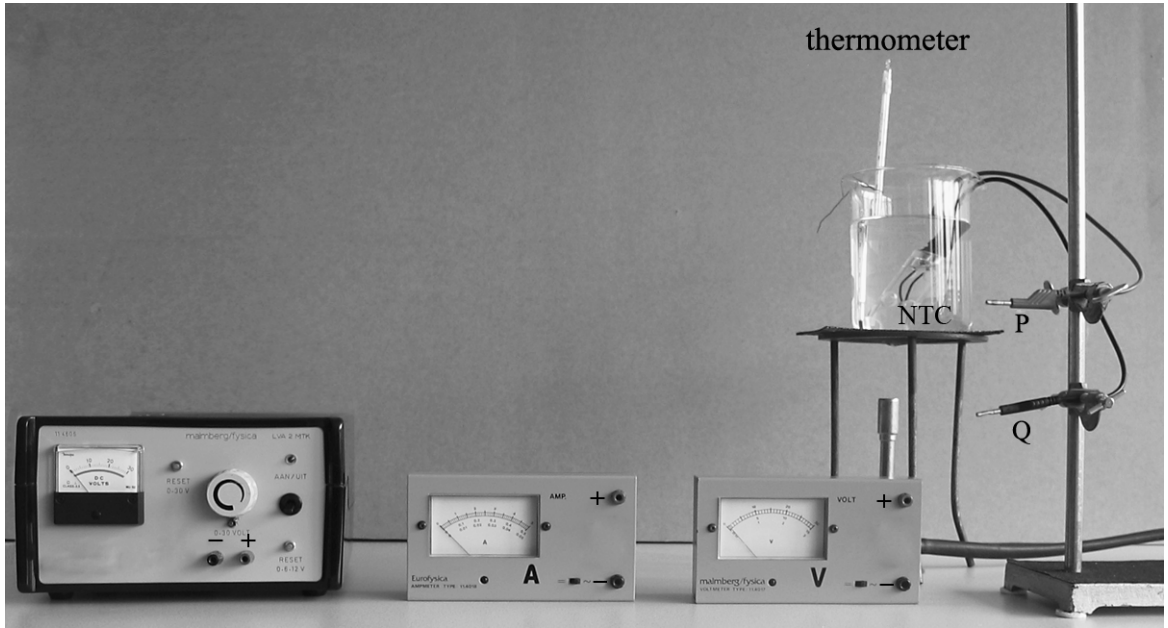


4p **6** Leg aan de hand van de figuren 2, 3 en 4 uit dat de LED niet brandt bij een lage temperatuur en wel brandt bij een hoge temperatuur.

De variabele weerstand wordt zo ingesteld dat de LED licht geeft bij een temperatuur van 20 °C en hoger. De spanning van de spanningsbron is 5,0 V.

5p **7** Bepaal de waarde waarop de variabele weerstand wordt ingesteld.

5



8

