**Trage lampjes**

PTC-gedrag van gloeidraadje zichtbaar gemaakt

[onderwerpsymbool] EM

B

Tijd

10 - 20 minuten

Bereik

Vanaf klas 3

[inleidend kader]

Deze verrassende demonstratie maakt het PTC-gedrag van gloeilampjes zichtbaar. De verklaring van de waarnemingen vraagt veel heen-en-weer-denken. Je kunt hem op verschillende niveaus geven. De demonstratie is geschikt om het begrip te controleren aan het einde van een hoofdstuk of paragraaf over weerstand, stroomsterkte en spanning in de serieschakeling.

[eind kader]

[WoS06\_SD\_figuur1] *Figuur 1. Tijdens de demonstratie verplaats je steeds de aansluiting van de negatieve pool van links naar rechts, zodat de eerste keer slechts één lampje is ingeschakeld en de laatste keer alle lampjes zijn aangesloten.*

[WoS06\_figuur2]

*Figuur 2. De situatie vlak na het verplaatsen van de aansluiting. Het derde lampje brandt nauwelijks zichtbaar en heeft even de tijd nodig om net zo fel te gaan branden als de andere twee.*

**Nodig**

Spanningsbron en vier of vijf identieke lampjes inclusief aansluitmateriaal.

**Voorbereiding**

Klaarzetten en alvast de verbindingen tussen de lampjes aansluiten, dusdanig dat zichtbaar is dat de lampjes in serie staan. Teken de schakeling op het bord.

**Uitvoering**

Als start voer je de demo uit door stap-voor-stap meer lampjes aan te sluiten op de spanningsbron, waarvan de spanning constant is. De leerlingen schrijven hun waarnemingen op. Vervolgens inventariseer je de waarnemingen kort op het bord. Mogelijke waarnemingen zijn:

* Alleen lampjes tussen de aansluitingen gaan branden;
* Hoe meer lampjes aangesloten zijn, hoe minder fel ze branden;
* Het laatste lampje dat je aansluit, gaat langzaam feller branden, terwijl de andere aangesloten lampjes direct al met de uiteindelijke felheid branden.
* Naarmate je meer lampjes aansluit, duurt het steeds langer voordat het laatst aangesloten lampje de eindfelheid bereikt.

Daarna volgt een discussie over een verklaring. De derde en vierde zijn het interessantst; de verklaring voor de eerste twee kun je gebruiken om de voorkennis op te halen. Het verklaren van al deze waarnemingen vraagt heen-en-weer-denken en het is belangrijk om flink door te vragen en heel precies te zijn over de vaktaal. Een tip voor de verklaring van de derde waarneming is een vraag naar wat er gebeurt met de weerstand van een gloeilampje tijdens het aangaan van het lampje. Als de vierde observatie nog niet gedaan is, biedt dat een mogelijkheid voor een voorspelling. Leerlingen kunnen ook voorspellen wat er gebeurt met de stroomsterkte tijdens het langzaam feller worden van het laatst aangesloten lampje. Die zal afnemen; zichtbaar te maken met een stroommeter.

**Natuurkundige achtergrond**

De verklaring kun je het best koppelen aan de derde en vierde waarneming in de situatie van figuur 2 waarin het derde lampje net is aangesloten: de temperatuur van lampje 1 en 2 is hoger dan van lampje 3, omdat lampjes 1 en 2 net wel hebben gebrand en lampje 3 niet. Daardoor is op het moment van aansluiten de weerstand van lampjes 1 en 2 hoger dan van lampje 3 en dus krijgen lampje 1 en 2 een groter deel van de spanning in deze serieschakeling. Na aansluiten neemt de temperatuur van lampje 3 toe en dus krijgt die steeds meer spanning (en lampje 1 en 2 minder, maar het afnemen van de helderheid is niet zichtbaar met het blote oog). De vierde observatie: als er meer lampjes in serie staan, is de totale weerstand groter en dus de stroomsterkte kleiner en daardoor gaat het toenemen van de temperatuur van het laatste lampje langzamer. Dat leidt tot een steeds trager toenemen van de spanning erover en dus steeds trager toenemen van de helderheid. Tot slot wat er gebeurt met de stroomsterkte: de weerstand van het laatst aangesloten lampje neemt toe, dus de totale weerstand in de kring neemt toe en de stroomsterkte neemt af.

**Tips**

De demonstratie leent zich goed voor verder onderzoek als je sensoren voor de stroomsterkte en de helderheid van de lampjes erbij haalt. Dan moet het bijvoorbeeld ook mogelijk zijn om iets te zeggen over de afkoeling van de lampjes tijdens het verplaatsen van de aansluiting.

Deze demonstratie is eerder beschreven door Ruud Brouwer in de serie Oude Natuurkunde van Stevin.