

Stroomsterkte in serieschakelingen

Vak
Natuurkunde
Leerjaar / sector
Leerjaar 2-3 / vmbo/havo/vwo
Context
De basiskennis van elektrische schakelingen is behandeld en er is mee geoefend door de leerlingen. De leraar wil veelvoorkomende misconcepties in kaart brengen en indien nodig verhelpen. Hij presenteert klassikaal een opgave en als deze leidt tot begripsproblemen, dan volgt direct een korte uitleg of demonstratie (klassikaal) of peer instructie (in groepjes). Daarna volgt een tweede opgave waarin de leraar het begrip nogmaals toetst ter check of de misconceptie is verholpen.
Leerdoelen
<p>Leerdoelen voor de lange termijn</p> <p>Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stroomkringen analyseren; • voor serie- en parallelschakelingen van weerstanden berekeningen maken over spanning, stroomsterkte, weerstand, energie en vermogen; • schakelschema's interpreteren en tekenen. <p>Leerdoelen voor de korte termijn</p> <p>Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • onderscheid maken tussen energie en stroomsterkte; • toepassen dat stroomsterkte in serie schakelingen overal gelijk is en dat energie wordt overgedragen aan de componenten in de schakeling; <p>Succescriteria</p> <p>Ik kan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de stroomsterkte in punten van een serieschakeling correct voorspellen wanneer de stroomsterkte in één punt van de schakeling wordt gegeven. • in eigen woorden en met concrete voorbeelden uitleggen dat stroomsterkte betrekking heeft op het aantal geladen deeltjes dat per seconde door een doorsnede van de draad gaat en dat energie betrekking heeft op "iets" dat met behulp van de stroom wordt overgedragen en deze in staat stelt een taak uit te voeren (licht en warmte geven, geluid voortbrengen, in beweging komen).
Aantal lessen
Onderdeel van 1 lesuur

Fase(n) van de FE-cyclus



Tijdens dit lesfragment komen fasen 2 – 5 van de FE-cyclus aan de orde en wordt de betekenis van succescriteria (fase 1) verduidelijkt in de opgaven.

De leerlingen beantwoorden een opgave, waarbij de leraar in een oogopslag kan zien welke fouten er worden gemaakt (fase 2). De leraar gaat rond en inventariseert welke fouten er worden gemaakt, terwijl de leerlingen de opgave maken (fase 3). De leraar bespreekt met de leerlingen de meest gemaakte fouten in de opgaven (fase 4). Remediëring vindt plaats door peerinstructie (leerlingen vergelijken antwoorden en geven

elkaar uitleg) en/of door klassikale terugkoppeling door de docent (fase 5).

Uitvoering lesactiviteit

Materialen / hulpmiddelen

- Beamer of (digi)bord
- Opgaven in werkblad of gepresenteerd op (digi)bord
- PhET-simulatie of een schakeling met lampjes/weerstanden, spanningsbron, kabels en meters

Vorbereiding

- PowerPoint klaarzetten en/of werkbladen klaarleggen
- PhET-simulaties klaarzetten

Uitwerking les

De basiskennis van elektrische schakelingen is behandeld en er is mee geoefend door de leerlingen. De leraar wil veelvoorkomende misconcepties in kaart brengen en indien nodig verhelpen. Dit kan aan het begin van een les of halverwege een les zijn en afhankelijk van wel/geen misconcepties duurt deze misconceptiecheck maximaal 20 minuten.

De leraar presenteert een opgave waarbij de leerlingen kijken naar stroomsterkte in een simpele schakeling van een lampje met een batterij (figuur 1).

Vergelijk de stroomsterkte I_X in punt X met de stroomsterkte I_Y in punt Y

A. I_X is groter dan I_Y
 B. I_X is gelijk aan I_Y
 C. I_X is kleiner dan I_Y

Figuur 1a

Figuur 1. Opgave 1 over schakeling 1a

De leraar heeft gekozen voor een snel te checken opgave: een meerkeuzevraag. Leerlingen noteren het antwoord op hun wisbordje (kan ook via schrift, Socrative of Quizzes) en de leraar checkt welke antwoorden de leerlingen hebben gekozen (fase 2). Afhankelijk van de hoeveelheid leerlingen die de vraag goed of fout hadden, bepaalt de leraar of hij de opgave met de hele klas bespreekt, met een klein groepje en eventueel met peer-instructie (fase 3).

Inzoomen op de misconcepties (fase 3)

Als de leraar de antwoorden in kaart brengt, valt op dat veel leerlingen geen onderscheid maken tussen de elektrische stroom en de energiestroom.

MISCONCEPTIE 1: STROOMCONSUMPTIE?

Veel leerlingen maken geen onderscheid tussen de elektrische stroom en de energiestroom. In een schakeling wordt iets verbruikt en dat zal wel stroom zijn. Bovendien hebben mensen buiten de natuurkunde les het vaak over stroomverbruik in plaats van energieverbruik. Maar natuurkundig is er ladingsbehoud en dat betekent dat overal in een serieschakeling de stroomsterkte hetzelfde moet zijn.

Het correcte antwoord is B. Een veel voorkomende misconceptie is dat leerlingen voorspellen dat de stroomsterkte in X groter is dan in Y (als de leerling denkt in conventionele stroom van + naar -) of net andersom dat de stroomsterkte in Y groter is dan in X (als de leerling denkt in elektronenstroom van - naar +).

In een schakeling stroomt er iets en wordt er iets “verbruikt”. Leerlingen maken geen onderscheid tussen de elektrische stroom die overal hetzelfde is, en de energiestroom die wordt “verbruikt” of beter “omgezet”. In figuur 1a wordt elektrische energie omgezet in licht en warmte in het lampje.

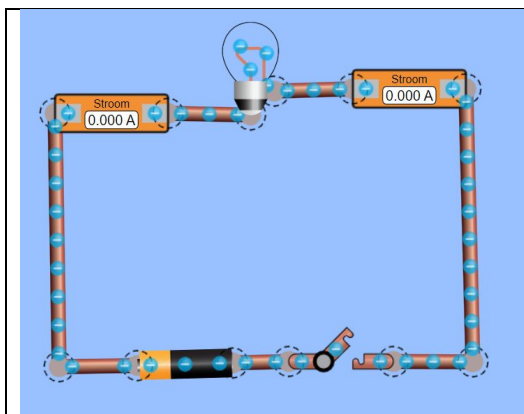
Als leerlingen antwoorden dat $I_X > I_Y$ of $I_X < I_Y$, hoe kun je dan als docent reageren?

Communiceren van resultaten (fase 4)

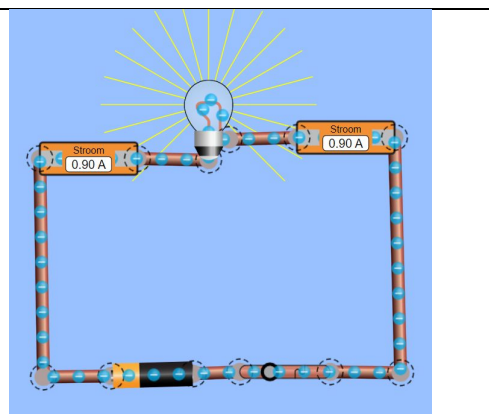
Omdat meer dan de helft van de leerlingen de opgave niet goed hebben, besluit de leraar klassikaal toelichting te geven aan de hand van de PhET-schakeling. Wanneer het slechts enkele leerlingen zou betreffen, kan de leraar met betreffend groepje leerlingen de toelichting geven en besluiten dat de andere leerlingen a) elkaar uitleggen waarom en hoe ze tot het antwoord zijn gekomen, b) andere opgaven laten maken of c) zelf een opgave laten ontwerpen (zie kopje ‘differentiatie en variatie’).

De leraar gebruikt PhET om het antwoord te tonen en een handig model ter verklaring te presenteren. Hij laat zien dat de PhET-schakeling (figuur 2a) overeenkomt met figuur 1 en activeert de simulatie. Hij geeft leerlingen een individuele denkvraag mee: ‘Wat valt op?’ Hij geeft daarbij de volgende handvatten mee om op de denkvraag antwoord te geven:

1. Geven de twee Ampèremeters iets verschillends aan of niet?
2. Gebeurt er iets met de bolletjes (elektronen)? Verandert het aantal?
3. Wat heeft de stroomsterkte met de bolletjes te maken?



Figuur 2a Een open schakeling van lampje en batterij met Ampèremeters aan weerszijden van het lampje.



Figuur 2b Een gesloten schakeling van lampje en batterij met Ampèremeters.

Zie: <https://phet.colorado.edu/nl/simulation/circuit-construction-kit-dc>

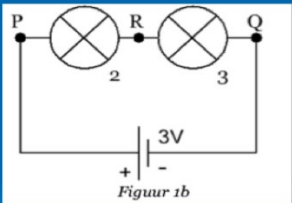
De docent legt uit of laat een leerling toelichten:

- De stroomsterkte in een punt van de schakeling is evenredig met het aantal bolletjes dat per seconde passeert.
- Alle bolletjes (elektronen) die de batterij uitgaan, komen er ook weer terug. Alle bolletjes die de lamp in gaan, komen er ook weer uit. Dus moet de stroomsterkte overal hetzelfde zijn. We zien dat ook op de Ampèremeters en in de constante snelheid van de bolletjes overal in de schakeling.
- Blijkbaar brengen die bolletjes “iets” (energie!) uit de batterij naar de lamp zonder dat er met de bolletjes zelf iets gebeurt. Er is behoud van bolletjes (elektronen, lading), de stroomsterkte is overal gelijk. De stroom transporteert energie van batterij naar lamp. We moeten dus onderscheid maken tussen stroomsterkte, die in een serieschakeling overal gelijk is, en energie die van de batterij naar de lamp gaat.
- (Optioneel: Elk model, ook dit PhET model, heeft punten die niet overeenkomen met de “werkelijkheid”. Wat zijn verschillen tussen deze visualisatie/simulatie en echte schakelingen met echte elektronen?).

Passende vervolgvacties (fase 5): een nieuwe loop in de FE-cyclus

De leraar presenteert nu opgave 2 ter controle wat de leerlingen hebben geleerd:

Vergelijk de stroomsterkte I_p in punt P met de stroomsterkte I_R in punt R



Figuur 1b

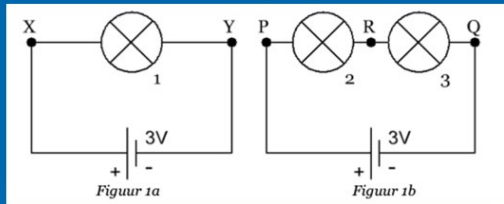
A. I_p is groter dan I_R **De lampjes zijn identiek**
 B. I_p is gelijk aan I_R
 C. I_p is kleiner dan I_R

Figuur 3. Opgave 2 om leerresultaat te checken na uitleg

Als blijkt dat de leerlingen het antwoord nu goed hebben, licht de leraar het goede antwoord niet zelf toe. Hij laat een leerling klassikaal het antwoord toelichten en vraagt een andere leerling of deze redenering klopt. Zo betreft hij leerlingen actief en verlengt hij het leren.

Vervolgens presenteert hij twee opgaven die gaan over het vergelijken van schakelingen. Opnieuw laat hij leerlingen de cyclus doorlopen van nadenken, individueel antwoorden via wisbordje, rondlopen en antwoorden checken. Dit keer laat hij leerlingen ook bedenken welke toelichting / korte uitleg er bij hun antwoord hoort.

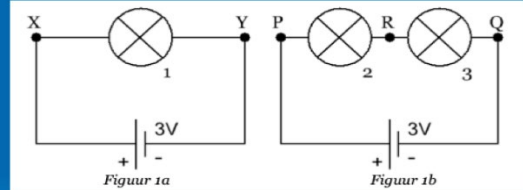
Vergelijk de stroomsterkte I_X in punt X met de stroomsterkte I_P in punt P



- A. I_X is groter dan I_P
- B. I_X is gelijk aan I_P
- C. I_X is kleiner dan I_P

De lampjes zijn identiek

Vergelijk de helderheid van lampje 1 met lampje 2



- A. Lampje 1 schijnt helderder dan lampje 2
- B. Lampje 1 schijnt even helder als lampje 2
- C. Lampje 1 schijnt minder helder dan lampje 2

De lampjes zijn identiek

Figuur 4 Opgave 3 over vergelijking van schakeling 1a en 1b, de rol van weerstand.

Figuur 5 Opgave 4

In plaats van zelf de misconcepties te analyseren en repareren laat de leraar dat nu over aan enkele leerlingen in de klas. Hij kiest leerlingen om opgave 3 en opgave 4 toe te lichten aan de klas en andere leerlingen om daarop te reageren of aan te vullen.

Het correcte antwoord voor opgaven 3 en 4 is A. De twee schakelingen hebben dezelfde spanning (3V) maar schakeling 1b heeft met twee lampjes in serie dus een grotere weerstand. Een populaire misconceptie is dat de bron (batterij) altijd eenzelfde stroom levert ongeacht de schakeling. Maar een bron levert een constante spanning (hier 3V) en de stroomsterkte wordt bepaald door de spanning van de bron en de weerstand van de schakeling ($I=U/R$). De weerstand in schakeling 1b is 2x de weerstand in schakeling 1a, dus $I_X=2 I_P$.

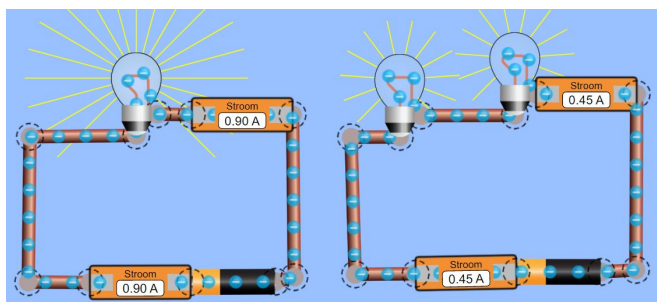
De helderheid van de lampjes is gekoppeld aan het vermogen P , $P=U \cdot I$ waarbij U de spanning is over een lampje. De stroomsterkte in schakeling 1b is de helft van die in schakeling 1a. De spanning over elk lampje in schakeling 1b is de helft van die in schakeling 1a. Dus het vermogen van elk van de lampjes in schakeling 1b is $\frac{1}{4}$ van die in schakeling 1a. De helderheid van de lampjes in schakeling 1b is dus minder dan die in schakeling 1a.

Nadat de leerlingen het goede antwoord hebben toegelicht, gaat de leraar nog in op een veelvoorkomende misconceptie:

MISCONCEPTIE 2: VERGELIJKING VAN STROOMSTERKTE IN SERIESCHAKELINGEN

Veel leerlingen denken (onbewust) dat de spanningsbron een bron van constante stroom is onafhankelijk van de componenten in de schakeling. Maar stroomsterkte is afhankelijk van zowel de spanning van de bron als eigenschappen van de schakeling (weerstand): $I=U/R$ waarbij U de spanning van de bron vertegenwoordigt en R weerstand van de schakeling.

Aan de hand van een simulatievideo laat de leraar zien dat je het verschil in stroomsterkte niet alleen op de Ampèremeter ziet, maar ook in de verschillende snelheden van de deeltjesstromen links en rechts.



Figuur 6 Simulatie met de html-versie van PhET: serieschakelingen van 1 lampje versus 2 lampjes met 3V batterij vergeleken.

Differentiatie en variatie

Leerlingen die de stof al beheersen, kunnen een van de volgende activiteiten uitvoeren:

- peerinstructie geven aan medeleerlingen die de opgave niet goed hebben gemaakt (in tweetallen, groepjes, of zelfs klassikaal);
- PhET-simulaties maken en uitvoeren voor enkele gekozen opgaven;
- huiswerkopgaven maken;
- hardwaredemonstraties voorbereiden voor enkele gekozen opgaven en demonstreren aan klasgenoten.

Terugblik en tips van de ontwikkelaar

- De aanpak is het meest effectief met een stuk of zes opgaven die zo'n twintig minuten in beslag nemen. Tegelijkertijd werkt deze aanpak ook goed in een hele les met meer opgaven, als leerlingen in groepjes worden ingedeeld en afwisselend opgaven krijgen die ze individueel en in groepjes maken met daartussen stukjes uitleg van de leraar (of een leerling).
- Om duurzaam leren te bevorderen, is het belangrijk om na enkele weken een soortgelijke oefening te doen, zodat kennis in het langetermijngeheugen wordt verankerd.

Op te vragen bronnen

PowerPoint en werkbladen met andere typische misconceptievragen over elektrische schakelingen zijn beschikbaar via e2.vanden.berg@vu.nl. Ook zijn beschikbaar:

- Werkbladen met opgaven voor formatief evalueren met feedback.
- Een Engelstalige samenvatting van de meest voorkomende misconcepties bij elektrische schakelingen en/of een korter Nederlandstalig artikel over misconcepties.
- Een rollenspel over schakelingen waarin de begrippen stroom, energie, spanning, en vermogen duidelijk worden onderscheiden in een analogie.
- Een practicumversie waarin een serie misconcepties wordt aangepakt.
- Een artikel met fysische argumenten tegen het gebruik van bovenstaande "carrier analogies".

Auteur(s)

Naam auteur

Ed van den Berg werkte ruim veertig jaar als natuurkundedocent en vakdidacticus in Nederland, Indonesië en de Filipijnen. In Nederland was hij verbonden aan de Vrije Universiteit, Universiteit Utrecht, Universiteit van Amsterdam, Hogeschool van Amsterdam en Universiteit Twente.