

Onderzoeksplan OWPO

Het verminderen van alternatieve denkbeelden bij 3 Havo leerlingen over elektriciteit

Student: Bastian Elschot
Studentnr: 1542084
Begeleider: Helene van Harten
Vakgroep: Natuurkunde
Datum: 10 juni 2015

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	4
INLEIDING	5
Mijn onderzoeksvraag:	6
Deelvragen:	6
THEORETISCH KADER	7
Alternatieve denkbeelden	7
Conceptuele verandering	8
Zich eigen maken van de wetenschappelijke visie	9
Wet van Ohm	10
METHODE	11
Onderzoeksgroep	11
Variabelen	11
Onderzoeksopzet	11
Interventies	12
Het gekozen design	13
Analyse van resultaten	14
RESULTATEN	15
Interventie 1: Virtueel practica	16
Koppeling tussen goede antwoorden phet opdracht en DIRECT 1.0	19
Wat vinden de leerlingen zelf dat ze hebben geleerd?	20
Interventie 2: Conceptuele vraagstukken	24
Koppeling tussen goede antwoorden conceptuele vraagstukken en DIRECT 1.0	25
Vragen welke voor zijn gekomen bij phet en de conceptuele vraagstukken	26
CONCLUSIE	27
Conclusie na aanleiding van de DIRECT 1.0 vragen	27
Correlatie wat in de les is behandeld en wat hebben de leerlingen geleerd..	28
Effectiviteit virtueel practica	28
Effectiviteit Conceptuele vraagstukken	29
Effectiviteit interventies	29
DISCUSSIE	30
Verbetering van onderzoek	30
REFLECTIE OP HET ONDERZOEK	32
BIBLIOGRAFIE	35

BIJLAGEN	36
- EFFECTIVITEIT INSTRUCTIE EN WEEKTAAK	37
- VRAGENLIJST DIRECT 1.0 ELEKTRICITEIT	39
- PHET OPDRACHTEN	46
- CONCEPTUELE VRAAGSTUKKEN	62

Samenvatting

Over elk onderwerp hebben leerlingen al verklaringen over hoe iets werkt. De vraag is in welke mate komen deze verklaringen, ook denkbeelden genoemd, overeen met de wetenschappelijke visie? (Licht & Snoek, 1986)

In het onderzoek wordt gekeken naar de effectiviteit van twee verschillende interventies op het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie van elektriciteit. Hierbij wordt de aandacht gericht op de begrippen spanning, stroom, weerstand en energie.

Het onderzoek is uitgevoerd bij twee 3 HAVO klassen.

De twee interventies zijn 'opdrachten bij virtuele practica' en 'conceptuele vragen behandelen in de instructie'. De opdrachten bij virtuele practica berusten op het principe van Predict – Observe – Explain. Waardoor er een cognitief conflict kan ontstaan tussen de voorspelling en de observatie. (Baser M. , 2006) Door het cognitief conflict kunnen leerlingen zich de wetenschappelijke visie eigen maken. Belangrijk is vormgeving van die drie stadia voorspellen, observeren en verklaren. Belangrijk is dat leerlingen gedwongen worden een voorspelling te geven en geholpen worden met een verklaring te bedenken.

De conceptuele vragen moeten leerlingen eerst zelf bedenken wat de juiste volgorde is. Vervolgens gaan ze in groepjes overleggen en moeten ze tot een gemeenschappelijke conclusie komen. (Potvin, Mercier, Charland, & Riopel, 2011) Beide interventies worden beoordeelt a.d.h.v. documentanalyse en vergeleken met verandering van de antwoorden van DIRECT 1.0 (Engelhardt & Beichner, 2004) tussen eind- en nulmeting.

Beide interventies hebben een lichte positieve bijdrage aan het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie. De eigen denkbeelden van leerlingen blijven hardnekkig en worden niet snel vervangen door de wetenschappelijke visie.

Inleiding

Het onderwerp elektriciteit krijgt veel aandacht in het regulier lesprogramma op het middelbaar onderwijs. Elk schooljaar komt elektriciteit aan bod en docenten vinden het een belangrijk onderwerp. Het vormt een basis van onze huidige samenleving.

In lesmethodes wordt vooral aandacht besteedt aan het rekenen met formules. Leerlingen moeten de wet van Ohm kunnen toepassen of berekenen hoeveel energie een apparaat verbruikt. Hoewel de rekensommen op zichzelf eenvoudig zijn, scoren leerlingen erg laag op dit soort sommen. In het verkennend onderzoek kwam naar voren dat leerlingen vaak de begrippen spanning en stroom in schakelingen door elkaar halen waardoor ze fouten maken. Dat elektronen zich opsplitsen in een parallelschakeling dus de spanning verdeelt zich.

De lesmethodes besteden nauwelijks tot geen aandacht aan wat er gebeurt bij een verandering in een schakeling of inzichtvragen zonder rekenwerk. Terwijl dit een positief effect heeft op het begripsvorming van de verschillende concepten binnen elektriciteit. (Licht & Snoek, 1986)

Het draait vooral om de mate waarin leerlingen de concepten begrijpen. Voordat leerlingen een concept beheersen doorlopen ze 3 stadia: ontdekkende aanpak, intuïtieve aanpak en expliciete aanpak. Het laatste stadium wordt meestal niet door leerlingen bereikt. Gaat het bij leerlingen om een misconception of ontbreekt het concept bij leerlingen? (Aufschnaiter & Rogge, 2010)

Uit het verkennende onderzoek is naar voren gekomen dat er verschillende manieren zijn aangereikt om het onderwerp elektriciteit beter aan leerlingen uit te leggen. Waarbij de meningen zijn verdeelt over het gebruik van analogieën, nut van practica en de manier van uitleggen.

In een tekort tijdsbestek moeten leerlingen symbolen leren, formules kunnen toepassen, practica uitvoeren, de concepten spanning, stroom en weerstand begrijpen en verbanden leggen tussen de concepten. Waarbij de vraag rijst in welke mate leerlingen het concept leren begrijpen of de woorden van de docent leren reproduceren. (Aufschnaiter & Rogge, 2010)

Er zou meer tijd voor ingepland moeten worden om de verschillende onderdelen te doorlopen. Tijdens practica moeten leerlingen leren omgaan met de apparatuur en moeten bepaalde verbanden worden herkend. Hier kunnen applets een uitkomst bieden om zo leerlingen te laten concentreren op het verband tussen twee concepten, zodat ze hun aandacht niet hoeven te besteden aan het aansluiten van de meetapparatuur. (Baser M. , 2006)

Een voorstelling maken van spanning of weerstand is moeilijk. We kunnen het niet zien, alleen het effect kan worden gemeten. Elke analogie heeft zijn beperkingen waarbij de docent de beperkingen wel inziet, maar deze waarschijnlijk niet zichtbaar is voor de leerlingen. Waarbij de analogie in een later stadium voor problemen kan zorgen. Om deze reden wil ik geen analogieën in mijn lessen gebruiken.

Elke dag hebben leerlingen met elektriciteit te maken. Het onderwerp kan mogelijk beter worden opgesplitst in het zichtbare deel van een apparaat dat aanstaat en het wetenschappelijke model van elektriciteit.

Het model kan beter worden aangeleerd door meer redeneervragen. Het verklaren van veranderingen in een schakeling. Nu ligt er teveel nadruk op het toepassen van formules zonder dat leerlingen de begrippen begrijpen. (Licht & Snoek, 1986)

Leerlingen verlaten moeizaam hun intuïtieve gedachten en hun verklaringen over alledaagse dingen. De denkbeelden van de leerlingen vormen de beginsituatie van elke les 'hoe denken ze over bepaalde onderwerpen?'. Hier maakt de docent een keuze om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de denkbeelden van de leerlingen of voorbeelden aan te dragen waardoor er een discrepantie ontstaat tussen alternatief denkbeeld en wetenschappelijke visie. Door leerlingen meer tijd te laten besteden aan conceptuele vraagstukken hoop ik te bereiken dat leerlingen de wetenschappelijke visie zich beter eigen gaan maken. Wanneer leerlingen met elkaar hierover praten kan dit worden bereikt. Daarnaast door meer onderzoekende practica hoop ik dat leerlingen verklaringen gaan bedenken voor bepaalde verschijnselen. De practica sluiten aan op de uitleg van de les. De leerlingen geven eerst hun verwachting wat er zal gaan gebeuren en gaan daarna meten. Op deze manier kan een mogelijk verschil in verwachting en werkelijkheid duidelijk worden of wordt hun verwachting positief bevestigd. Op deze manier kunnen leerlingen de wetenschappelijke visie zich goed eigen maken.

Mijn onderzoeksvraag:

Op welke manier zullen meer leerlingen de wetenschappelijke visie zich eigen gaan maken en hun alternatieve denkbeelden verwerpen over de begrippen spanning, stroom en energie?

Deelvragen:

- Welke mogelijke alternatieve redeneringen maken leerlingen bij verschillende schakelingen?
- Wat zijn goede conceptuele vragen om alternatieve denkbeelden te achterhalen?
- Welke werkvormen zijn het meest geschikt zodat de concepten beter beklijven?
- Wat zijn goede werkvormen waarmee leerlingen de wetenschappelijke visie zich eigen kunnen maken?

Theoretisch kader

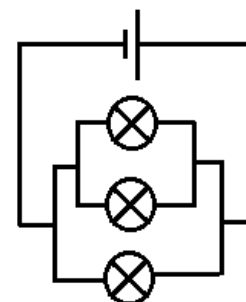
Het begrip welke centraal staat in dit onderzoek is 'misconcepten'. De laatste jaren wordt het vaker 'alternatieve concepten' of 'alternatieve denkbeelden' gebruikt. Een alternatief concept is een denkbeeld van een leerling welke niet overeenkomt met de wetenschappelijke visie. Waarmee met de wetenschappelijke visie het algemeen geldend denkbeeld wordt bedoeld onder Natuurkundigen. In dit onderzoek zal de term alternatief denkbeeld worden gebruikt.

Alternatieve denkbeelden

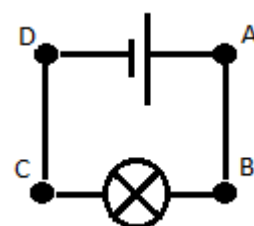
Binnen het onderwerp elektriciteit komen verschillende concepten aanbod zoals spanning, stroom, energie en weerstand. Licht en Snoek (1986) beschrijven de volgende alternatieve concepten.

De belangrijkste alternatieve concepten zijn:

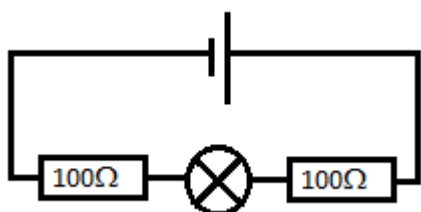
1. Verschil tussen spanning en stroom.
2. Stroom wordt verbruikt.
3. Lokaal redeneren. Stroom verdeelt zich op elk punt, zie figuur 1.
4. Ideeën over spanningsverdeling. Spanning over A - B is gelijk aan bronspanning, zie figuur 2.
5. Sequentieel redeneren in serieschakeling. Verandering van de weerstand van lamp heeft alleen invloed op de weerstand welke erna komt, zie figuur 3.
6. Sequentieel redeneren in parallelschakeling. Dat een verandering in bovenste weerstand ook invloed heeft op de onderste weerstand, zie figuur 4.



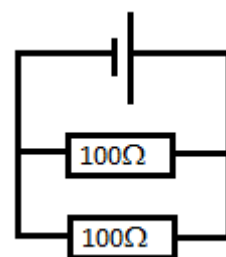
Figuur 1: Lokaal redeneren



Figuur 1: Spanning in een schakeling



Figuur 2: Sequentieel redeneren in serieschakeling



Figuur 4: Sequentieel redeneren parallelschakeling

Het verschil tussen spanning en stroom zien we ook bij spanning- of stroombron. Leerlingen denken vaak dat de stroom constant is wanneer er een spanningsbron in de schakeling zit.

De alternatieve concepten worden het beste zichtbaar bij verandering in schakelingen.

Engelhardt (1995) heeft een vragenlijst bedacht om verschillende alternatieve denkbeelden te achterhalen. Deze vragen richten zich op de bovenstaande concepten stroom, spanning, energie en weerstand. Op deze manier kan in kaart worden gebracht waar leerlingen problemen mee hebben en of leerlingen het conceptueel beter begrijpen.

Informatiebron van de leerling

Een deel van het probleem komt van de belangrijkste bron van informatie voor leerlingen. Leraren zijn onzeker over hun eigen concepten en lesboeken zijn onduidelijk. (Licht & Snoek, 1986). In lesmethodes worden vaak verschillende analogieën gebruikt. Over welke analogie het beste aansluit bij een bepaalde doelgroep is geen eenduidigheid over of welke beperkingen een bepaalde analogie heeft. Waarbij de vraag 'Wanneer en waarom een analogie wordt ingezet' moet nog worden beantwoord. (Mulhall, McKittrick, & Gunstone, 2001)

Over het gebruik van analogieën zijn er voor- en tegenstanders. Binnen de groep voorstanders is er onenigheid over met welk concept er moet worden begonnen spanning of stroom. Sommigen zijn overtuigd om met stroom te beginnen omdat het veel intuïtiever is en anderen kiezen voor spanning omdat deze de stroom veroorzaakt. Daarnaast is er de discussie of er gebruik moet worden gemaakt van stroom analogie of juist niet. Als gevolg hiervan kiezen docenten hun eigen voorkeur voor een bepaalde analogie zonder kritisch te kijken naar beperkingen. Op dit moment is er onduidelijkheid over welke analogie het meest geschikt is om elektriciteit aan te leren en op welk niveau. (Mulhall, McKittrick, & Gunstone, 2001).

Conceptuele verandering

De basis voor een conceptuele verandering is dat er een veilige leeromgeving is zodat er discussie mogelijk is over alternatieve gedachten en redeneringen.

Er moet aan vier voorwaarden worden voldaan om de meest geschikte leerstrategie toe te passen. (Scott, Asoko, & Driver)

1. de voorkennis en houding van de leerlingen
2. de verwachte uitkomst van het leerproces
3. een analyse van de intellectuele eisen die verwacht wordt van leerlingen om de verwachte uitkomst te halen
4. mogelijke leerstrategieën die leerlingen kunnen helpen

De leerstrategieën zijn in te delen in twee groepen gebaseerd op het cognitieve conflict of constructivisme.

Het belangrijkste bij een cognitief conflict is of de leerling het conflict ziet en ervaart. Vervolgens nieuwe oplossing bedenkt of krijgt aangereikt en deze accepteert. Een docent moet goed onderscheidt kunnen zien tussen het bestaande idee van een leerling en de wetenschappelijke visie.

Het constructivisme begint vanuit de bestaande ideeën van de leerling. De bestaande kennis wordt als een anker gebruikt en zodoende een brug gemaakt naar nieuwe kennis. De docent maakt veel gebruik van analogieën om de nieuwe kennis te construeren.

Een andere benadering is beschreven door Niedderer (1987). Bij deze aanpak wordt er niet voor gekozen om de ideeën van leerlingen te vervangen maar leerlingen bewust te maken van het verschil tussen alledaagse of eigen verklaringen en de wetenschappelijke verklaringen. Het is meestal een gevolg

van leerlingen die een nieuwe theorie leren. Er ontstaat een hybride theorie dat voorkennis combineert met de wetenschappelijke visie (Duit & Rhoneck).

Bij elke aanpak is de beginpositie de kennis van de leerling. Waarbij de leerling zijn of haar eigen verklaringen geeft. Waarna het verschil wordt aangeduid tussen gedachte van leerling en de wetenschappelijke visie. Van de docent wordt verwacht dat deze open staat voor de ideeën van leerling en hier tijd en ruimte voor maakt. Daarnaast heeft de docent de ene keer een ondersteunende functie om te stimuleren dat leerlingen meer vragen aan elkaar stellen en de andere keer moet hij de leerlingen de goede kant op wijzen.

De Natuurkunde maakt gebruik van beide strategieën. Bij elk onderwerp dient te worden gekeken welke strategie beter past. Voor elektriciteit leent het cognitief conflict zich naar mijn inzien meer. Wanneer leerlingen nadenken over het onderwerp zullen de concepten spanning en stroom geen vorm krijgen. Het constructivisme werkt naar mijn inzien beter bij waarneembare verschijnselen zoals krachten of licht.

Zich eigen maken van de wetenschappelijke visie

Volgens Posner et al. (1982) zullen leerlingen een wetenschappelijke visie zich pas eigen maken, wanneer er voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:

- leerling moet ontevreden zijn over eigen (alternatieve) concept
- het nieuwe concept moet intelligent klinken
- het nieuwe concept moet logisch zijn
- het nieuwe concept moet betere resultaten opleveren dan eigen concept.

Wanneer een practica wordt geschreven a.d.h.v. Predict – Observe – Explain. Waarbij het van belang is dat leerlingen hun eigen voorspelling ook opschrijven. Door daarna zelf een verklaring te geven is het nieuwe concept ook intelligent en logisch. Vervolgens moeten leerlingen een vergelijkbare vraag beantwoorden. Wanneer op deze manier practica wordt vormgegeven kan er een conceptuele verandering plaats vinden. (Baser M. , 2006)

Het nadeel van practica is dat leerlingen meestal hun eigen denkbeelden behouden wanneer het niet klopt voor 1 experiment (Duit & Rhoneck). Hier zullen docenten rekening mee moeten houden.

Daarnaast kan er gebruik worden gemaakt van virtuele practica, ook wel applet, deze hebben hetzelfde leereffect als echte practica. Het voordeel is dat leerlingen niet eerst hoeven te leren met de apparatuur om te gaan. Dit geldt meer voor meisjes, omdat jongens beter scoren dan meisjes wanneer er echte practica worden uitgevoerd. Een mogelijke oorzaak is dat jongens hier meer inzicht in hebben en het sneller uitproberen. (Baser & Durmus, 2010)

Een andere manier om conceptuele verandering teweeg te brengen is door leerlingen opgaven voor te leggen, om vervolgens elkaar te laten vertellen wat zij denken dat de oplossing is om vervolgens elkaar te vertellen hoe ze aan de oplossing zijn gekomen. De opgaven kunnen gebruikt worden om de voorkennis te activeren of nadat het onderwerp klassikaal is behandeld. Het blijkt dat

meisjes meer twijfelen over hun antwoorden dan jongens, ook wanneer ze het goed hebben. Door met elkaar over een probleem te praten blijkt dat meisjes beter gaan scoren. Voor jongens heeft deze aanpak geen significant verschil met traditionele manier van lesgeven. (Potvin, Mercier, Charland, & Riopel, 2011)

Wet van Ohm

Vervangingsweerstand berekenen in een parallelschakeling levert veel problemen op bij leerlingen. Hoe kan het dat een vervangingsweerstand kleiner is dan de losse weerstanden? Wanneer het in historisch perspectief wordt gezien zit er nog een stap tussen, welke standaard wordt overgeslagen of als verdiepende stof wordt aangeboden namelijk 'weerstand van een draad'. Vanuit weerstand van een draad is het veel logischer dat de vervangingsweerstand kleiner wordt. Laat leerlingen op dezelfde manier de formule ontdekken zoals Georg Ohm ook tot zijn ontdekking kwam, vanuit de oppervlakte van een draad. Neem de oppervlakte van de draad als beginpunt en laat leerlingen daar vanuit redeneren, wat gebeurt er als er een tweede draad aan de opstelling wordt toegevoegd. (Kipnis, 2008)

Methode

Het onderzoek valt onder de noemer van actieonderzoek. Tijdens het onderzoek wordt er een alternatieve handelingswijze uitgetoetst. De twee interventies op de bestaande situatie worden aan het einde geëvalueerd. (Rob, Schuman, & Montessori, 2011)

Onderzoeksgroep

De onderzoeksgroep bestaat uit 56 leerlingen verdeelt over 2 klassen, de leerlingen zitten in 3 Havo. Het zijn leerlingen waar ik nog geen les aan heb gegeven en geen informatie over heb.

Een globale indruk: de leerlingen heb in de eerste twee leerjaren het vak Natuur gehad. Het vak Natuur is Natuurkunde en Biologie gecombineerd waarbij de leerlingen veel moeite met de Natuurkundige onderdelen. De voorkennis van elektriciteit uit de tweede klas is minimaal.

Variabelen

Om te kijken in welke mate de leerlingen de wetenschappelijke visie beheersen, wordt gekeken naar:

- Hoeveel goede antwoorden de leerlingen geven op de conceptuele vragen.
- Hoeveel goede verklaringen de leerlingen geven op de phet opdrachten.
- Wat leerlingen zelf aangeven wat ze wekelijks geleerd hebben van de weektaak.

Onderzoeksopzet

De eerste interventie is het gebruik maken van opdrachten bij applet van Phet over gelijkspanning. De applet biedt de mogelijkheid om schakelingen te bouwen met de basiscomponenten, spanningsbron, lampje, weerstand en draden. De spanning en stroom kunnen op makkelijk op verschillende punten worden gemeten.

De tweede interventie is conceptuele vragen geven aan het eind van de les. De conceptuele vragen richten zich op de begrippen spanning, stroom en weerstand.

De uitvoering van de phet opdrachten en de conceptuele vragen (Ranking Tasks) staan hieronder in een tabel beschreven. Waarbij elke rij staat voor een week van 1 instructie les en 1 domein uur waarin leerlingen de weektaak kunnen maken.

Instructie	Weektaak
	Vragenlijst elektriciteit, 1 ^{ste} keer
Uitleg over begrippen lading en spanning	Phet opdracht 1 t/m 6
Basisschakeling + wet van Ohm, hoe spanning- en stroommeter aansluiten	Opgaven boek
Serieschakeling en begrip spanning, stroom	Phet opdracht 7 t/m 10
Parallelschakeling CV "vervangingsweerstand"	Phet opdracht 11 t/m 15
Uitleg vermogen, energieverbruik in Joule CV "Helderheid van de lampjes"	Opgaven boek
Energieverbruik in Joule en kWh CV "Helderheid lampje"	Opgaven boek
Voorbereiden test	Vragenlijst elektriciteit, 2 ^{de} keer

Interventies

Interventie 1: Practica doseren

Om te kijken of de practica bijdragen aan het verminderen van de alternatieve denkbeelden bij leerlingen wil ik dat gaan meten m.b.v. documentenonderzoek en een enquête. (Rob, Schuman, & Montessori, 2011)

Het documentenonderzoek heeft betrekking op de invulbladen welke leerlingen moeten gebruiken terwijl ze schakelingen bouwen in een phet applet over gelijkstroom. De invulbladen zijn gemaakt op basis van Predict – Observe – Explain. Waarbij de schakeling wordt gegeven en leerlingen individueel een voorspelling moeten doen en vervolgens het practicum virtueel uitvoeren en een verklaring geven m.b.v. de meetwaarden. De verklaring wordt vergeleken met de verwachtingen van de leerlingen.

Interventie 2: Conceptuele opgave

De leerlingen krijgen drie keer een conceptueel vraagstuk welke ze moeten beantwoorden in viertallen. Hierbij moeten leerlingen eerst zelf antwoord geven en daarna met elkaar verleggen om tot een gemeenschappelijk eindantwoord te komen. De conceptuele vragen hebben betrekking op de vervangingsweerstand, spanning en stroom in verschillende schakelingen. De antwoorden op de conceptuele vragen worden geanalyseerd.

Beklijven van de wetenschappelijke visie

Om een beeld te krijgen welke alternatieve denkbeelden er heersen bij de groep leerlingen, wordt er de DIRECT 1.0 test afgenomen. (Engelhardt & Beichner, 2004) De DIRECT 1.0 test is meer gericht op conceptuele vragen dan de DIRECT 1.1. De test wordt aan het begin en aan het einde van de lessenserie afgenomen.

Hiermee wordt gekeken in welke mate de leerlingen de wetenschappelijke visie zich eigen hebben gemaakt. De vragenlijst wordt afgenomen in het begin en aan het eind van de lessenserie. De vragen uit DIRECT 1.0 worden gekoppeld aan één interventie. Enkele vragen worden aangeleerd bij beide interventies.

Het gekozen design

Een aantal phet opdrachten zijn specifiek om alternatieve denkbeelden zichtbaar te maken. De opbouw van opdrachten 1 t/m 6 verkennen van basisschakeling met 1 lampje en 1 spanningsbron, opdracht 7 t/m 10 gaat over serieschakeling en opdracht 11 t/m 15 over parallelschakelingen, zie bijlage 3.

Hieronder een overzicht van elke opdracht over welke alternatief denkbeeld het gaat.

Opdracht	Alternatief denkbeeld
1	Hoe een lampje aansluiten?
2	Verschil tussen spanning en stroom Stroom alleen in gesloten stroomkring
3	Verschil tussen potentiële spanning en spanningsverschil
4	Felheid lamp afhankelijk van stroomsterkte
5	Gesloten stroomkring
6	Spanning over een schakelaar, geen weerstand geen spanningsverschil.
7 Energie	Verdeling van spanning over beide lampjes Verband weerstand en stroom inzien.
8	Verband tussen spanning en weerstand in serieschakeling
9	Verband tussen spanning en weerstand in serieschakeling
10	Sequentieel redeneren in serieschakeling
11	Eigenschap spanning en stroom in parallelschakeling
12	Eigenschap spanning en stroom in parallelschakeling bij een verandering van 2 naar 1 lampje
13	Eigenschap spanning en stroom in parallelschakeling bij een verandering van 1 lampje met een hogere weerstand
14	Het effect van twee spanningsbronnen parallel geschakeld
15	Rekenopdracht vervangingsweerstand

De conceptuele vragen gaan over de volgende mogelijke alternatieve denkbeelden:

Conceptuele vraag	Alternatief denkbeeld
1.1	Plaats lampje (invloed lengte draad)
1.2	Meerdere lampjes in serie
1.3	Verschil in felheid lampje plek in serieschakeling
1.4	Verschil in felheid in serie, parallel met twee batterijen of 1 batterij
1.5	Weerstand draad is $0\ \Omega$
2	Vervangingsweerstand in serie- en parallelschakeling
3	Spanning en stroom in serie- en parallelschakeling

Analyse van resultaten

Documentenanalyse phet opdrachten

De antwoorden op de phet opdrachten worden geanalyseerd op wat ze hebben gemeten en hun verklaringen voor hun meetwaarden. Het aantal goede verklaringen wordt vergeleken met het aantal goede antwoorden op soortgelijke vragen van DIRECT 1.0.

Uitleg vs geleerd

In de enquête geven de leerlingen aan wat ze zelf denken te hebben geleerd van de afgelopen weektaak. De enquête bestaat uit de verschillende onderdelen die aan bod komen met betrekking op de begrippen spanning, stroom, weerstand, vermogen en energie, zie enquête in bijlage 1. Door beide gegevens met elkaar te vergelijken en een uitspraak doen over wat de leerlingen aangeven geleerd te hebben en in welke mate het overeenkomt met de weektaak.

Documentenanalyse conceptuele vragen

Leerlingen geven in de enquête aan welke onderwerpen aan bod zijn gekomen. Door de antwoorden te vergelijken met de antwoorden op de conceptuele vragen wordt er een uitspraak gedaan over het effect van de conceptuele vragen.

Resultaten

De resultaten zijn beschreven per interventie. Bij beide interventies wordt er gebruik gemaakt van de resultaten van DIRECT 1.0 test. Deze resultaten staan hieronder en gegevens worden later gebruikt bij beide interventies. Er is ook een overzicht van verandering antwoorden gegeven bij de eindmeting t.o.v. nulmeting.

Vragen DIRECT 1.0

Vraag	Antwoord	a	b	c	d	e	Aantal Iln
1	D	43%	7%	27%	23%		30
2	B	20%	56%	24%			25
3	C	0%	17%	54%	13%	17%	24
4	E	4%	0%	4%	13%	78%	23
5	B	23%	58%	19%			26
6	E	13%	13%	4%	21%	50%	24
7	A	60%	16%	24%			25
8	C	23%	8%	69%			26
9	D	43%	13%	0%	43%	0%	23
10	E	0%	4%	54%	4%	38%	26
11	A	9%	14%	32%	45%		22
12	D	26%	13%	13%	39%	9%	23
13	A	85%	4%	0%	0%	11%	27
14	B	44%	33%	22%			27
15	C	56%	16%	28%			25
16	C	38%	13%	50%			24
17	D	0%	30%	22%	26%	22%	27
18	C	4%	0%	43%	52%	0%	23
19	C	0%	17%	71%	8%	4%	24
20	A	65%	9%	0%	0%	26%	23
21	B	4%	22%	26%	0%	48%	23
22	C	4%	19%	27%	50%		26
23	D	17%	9%	4%	39%	30%	23
24	A	71%	0%	29%			24
25	D	39%	17%	22%	17%	4%	23
26	B	9%	43%	43%	4%		23
27	D	48%	4%	41%	7%		27
28	B	46%	8%	17%	29%	0%	24

Verandering in antwoorden DIRECT 1.0 eindmeting t.o.v. nulmeting

Vraag	Antwoord	a	b	c	d	e	Aantal IIn
1	D	-8%	-3%	5%	6%		30
2	B	10%	-13%	4%			25
3	C	-10%	-20%	22%	8%	0%	24
4	E	2%	-8%	-37%	-7%	49%	23
5	B	-13%	8%	5%			26
6	E	-19%	-8%	-13%	8%	31%	24
7	A	24%	-14%	-10%			25
8	C	-19%	-10%	29%			26
9	D	21%	-11%	-8%	-1%	0%	23
10	E	-2%	2%	-5%	-4%	9%	26
11	A	-20%	-6%	4%	22%		22
12	D	-18%	-15%	-7%	37%	3%	23
13	A	19%	-10%	-4%	-10%	5%	27
14	B	6%	-5%	-2%			27
15	C	7%	-4%	-3%			25
16	C	-9%	-5%	13%			24
17	D	-15%	-6%	0%	15%	7%	27
18	C	1%	-12%	9%	16%	-13%	23
19	C	-16%	3%	29%	-10%	-6%	24
20	A	-9%	7%	-6%	-2%	10%	23
21	B	-2%	-1%	-3%	-10%	17%	23
22	C	-9%	5%	10%	-6%		26
23	D	-3%	-19%	-12%	11%	22%	23
24	A	12%	-8%	-4%			24
25	D	3%	7%	-4%	-3%	-4%	23
26	B	-11%	28%	-2%	-15%		23
27	D	24%	2%	-17%	-9%		27
28	B	11%	-1%	7%	6%	-23%	24

Interventie 1: Virtueel practica

Welke invloed heeft het uitvoeren van virtueel practica (phet) gehad op het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie door leerlingen?

De invloed van virtueel practicum is afgeleid uit de resultaten van de DIRECT 1.0 vragen na afloop en de documentanalyse van de phet opdrachten.

Daarnaast wordt er gekeken naar wat leerlingen denken te hebben geleerd van de les en weektaak en wat er is behandeld in de les.

Verwerpen voorspellingen bij de phet opdrachten

Merendeel van de leerlingen vullen de voorspellingen na de meting in. Wanneer er gekeken wordt na de voorspelling op vraag 26 van DIRECT 1.0 heeft 16% terwijl bij de phet opdrachten heeft 71% het goed. Terwijl de leerlingen geen uitleg over dit onderwerp hebben gehad. Over de gehele linie blijken de

voorspelling op de werkbladen hoger te zijn dan in vergelijking met de nul- en eindmeting.

Op basis van deze resultaten zal er niet gekeken worden naar de voorspellingen van leerlingen.

Documentanalyse Virtueel practica

De leerlingen hebben verschillende opdrachten moeten maken met behulp van virtueel practica, een phet simulatie gelijkspanning. De verklaringen voor de verschillende metingen staan hieronder samengevat. Enkele opdrachten zijn eruit gehaald omdat deze alleen relevant zijn voor het leerproces van leerlingen.

Vraag	Aantal	Verklaringen		
1	24	kunnen de elektronen rondlopen		
	10	op 1 punt werkt niet		
	4	aan beide kanten draden nodig		
3		9 V	Aantal	0 V
	25	B & C	22	A & B en C & D
	4	B & C en D & A	3	A & B
	10	Fout gemeten	2	C & D
			12	Fout gemeten
4	23	Er gaat minder stroom doorheen		
	4	Gaat meer stroom doorheen		
	3	Minder energie doorheen		
	5	Anders		
5	32	Gesloten stroomkring		
	7	Anders		

7	4	Spanning verdeelt zich
	6	Energie verdeelt zich
	9	Stroom verdeelt zich
	2	Stroom en spanning verdelen zich
	6	Anders
energie	25	Spanning verdeelt zich en stroom gelijk
	9	Anders
8	4	Spanning wordt groter door grotere weerstand
	4	Spanning wordt minder door grotere weerstand
	3	Spanning gelijk
	9	Anders
10	9	middelste feller en buitenste minder fel
	8	Anders

11	16	Stroom verdeelt zich en spanning blijft gelijk
	7	Stroom en spanning zijn hetzelfde
	6	Anders
13	19	Stroom verdeelt zich en spanning blijft gelijk
	5	Anders
14	11	Stroom verdeelt zich en spanning blijft gelijk
	3	Anders
	10	2 batterijen leveren meer energie
	2	2 batterij leveren meer stroom
	1	Anders

Koppeling tussen goede antwoorden phet opdracht en DIRECT 1.0

In de tabel staat hoeveel procent van de leerlingen de vraag goed hebben beantwoord bij de phet opdrachten en een soortgelijke vraag van DIRECT 1.0. De verbetering is gebaseerd op het verschil tussen de eind- en nulmeting.

Vraag phet	Betrekking tot	Goed beantwoord	Vraag DIRECT 1.0	Goed beantwoord	Verbetering
1	Hoe lamp aansluiten	100 %	9	43 %	-1 %
3	Potentiele spanning en spanningsverschil	56 %	6	50 %	31 %
4	Felheid vs stroom	66 %	2	56 %	-13 %
5	Gesloten stroomkring	82 %	19	71 %	29 %
7	Verdeling spanning serie	15 %	20 24	65 % 71 %	-9 % 12 %
Energie	Verband R en I	74 %	8	69 %	29 %
10	Sequentieel redeneren serie	53 % *9 van de 17 [op totale groep 26%]	25	17 %	-3 %
11	Spanning, stroom parallelschakeling	55 %	15 17	28 % 26 %	-3 % 15 %
13	U en I bij verandering R	26 %* [9 van de 34]	5	58 %	8 %
14	2 spannings-bronnen parallel	79 % *11 van de 14 [op totale groep: 32 %]	12	39 %	37 %

Wat geven de leerlingen aan dat ze hebben geleerd?

In onderstaande tabellen staat aangegeven wat leerlingen zelf vinden dat ze geleerd hebben van instructie en weektaak. Hierbij is de vraag in welke mate het overeenkomt met de aangeboden stof tijdens de instructie en de bijbehorende opdrachten.

Hoeveel krijgt een leerling mee van wat een docent vertelt in een les?

Er is gekeken naar de 2^{de}, 3^e en 4^e week wanneer de leerlingen bezig waren met de virtuele practica. In de 5^e week is er geen vragenlijst afgenomen omdat een andere klas door een collega eerder hetzelfde lokaal in zijn gestuurd en daardoor was er geen tijd om de vragenlijst nog af te nemen.

Hieronder staan de resultaten van wat leerlingen hebben aangegeven dat ze geleerd hebben per week. De gearceerde begrippen zijn behandeld in de instructie en/of weektaak.

Les 2: Basis- en serieschakeling en wet van Ohm

Begrippen	1	2	3	4
Spanning	0 %	5%	71%	24%
Stroom	0 %	0%	76%	24%
Weerstand	0 %	14%	67%	19%
Vermogen	76 %	14%	10%	0%
Energie	48 %	24%	24%	5%
Wet van Ohm	52 %	24%	19%	5%
Basisschakeling				
Spanning	0%	14%	62%	24%
Stroom	0%	19%	52%	29%
Weerstand	0%	24%	52%	24%
Vermogen	67%	24%	10%	0%
Energie	48%	24%	24%	5%
Serieschakeling				
Herkennen	10%	10%	48%	33%
Spanning	0%	14%	62%	24%
Stroom	0%	14%	62%	24%
Vervangingsweerstand	45%	10%	30%	15%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	10%	29%	52%	10%
Stroom	10%	29%	52%	10%
Weerstand	10%	30%	50%	10%
Vermogen	81%	14%	5%	0%
Energie	55%	25%	20%	0%
Parallelschakeling				
Herkennen	48%	0%	38%	14%
Spanning	60%	10%	30%	0%
Stroom	57%	14%	29%	0%
Vervangingsweerstand	57%	14%	29%	0%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	62%	19%	19%	0%
Stroom	62%	19%	19%	0%
Weerstand	62%	24%	14%	0%
Vermogen	76%	19%	5%	0%
Energie	71%	24%	5%	0%
<i>Aansluiten</i>				
Stroommeter	33%	10%	38%	19%
Spanningsmeter	33%	10%	38%	19%
Lampje en/of weerstand	30%	0%	50%	20%
Instructie bijgedragen	0%	10%	70%	20%
Weektaak bijgedragen	0%	24%	57%	19%

Les 3: Serieschakeling en eigenschappen spanning en stroom

Begrippen	1	2	3	4
Spanning	0%	0%	71%	29%
Stroom	0%	10%	62%	29%
Weerstand	0%	5%	70%	25%
Vermogen	35%	15%	45%	5%
Energie	52%	14%	33%	0%
Wet van Ohm	29%	24%	38%	10%
Basisschakeling				
Spanning	5%	5%	86%	5%
Stroom	5%	5%	81%	10%
Weerstand	5%	5%	81%	10%
Vermogen	43%	24%	29%	5%
Energie	57%	10%	29%	5%
Serieschakeling				
Herkennen	5%	0%	38%	57%
Spanning	0%	10%	67%	24%
Stroom	0%	10%	67%	24%
Vervangingsweerstand	29%	14%	43%	14%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	0%	0%	81%	19%
Stroom	0%	5%	71%	24%
Weerstand	0%	5%	76%	19%
Vermogen	38%	19%	33%	10%
Energie	52%	5%	38%	5%
Parallelschakeling				
Herkennen	52%	14%	14%	19%
Spanning	52%	5%	33%	10%
Stroom	52%	19%	19%	10%
Vervangingsweerstand	64%	18%	18%	0%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	48%	10%	38%	5%
Stroom	48%	19%	29%	5%
Weerstand	48%	10%	38%	5%
Vermogen	57%	33%	5%	5%
Energie	67%	10%	24%	0%
<i>Aansluiten</i>				
Stroommeter	29%	10%	24%	38%
Spanningsmeter	29%	19%	14%	38%
Lampje en/of weerstand	29%	14%	19%	38%
Instructie bijgedragen	0%	24%	52%	24%
Weektaak bijgedragen	5%	38%	38%	19%

Les 4: Parallelschakeling en eigenschappen spanning en stroom

Begrippen	1	2	3	4
Spanning	0%	0%	46%	54%
Stroom	0%	0%	46%	54%
Weerstand	0%	8%	38%	54%
Vermogen	31%	23%	23%	23%
Energie	31%	23%	15%	31%
Wet van Ohm	0%	8%	54%	38%
Basisschakeling				
Spanning	15%	15%	31%	38%
Stroom	15%	8%	38%	38%
Weerstand	15%	8%	38%	38%
Vermogen	46%	23%	31%	0%
Energie	46%	23%	31%	0%
Serieschakeling				
Herkennen	23%	0%	31%	46%
Spanning	8%	0%	54%	38%
Stroom	8%	0%	54%	38%
Vervangingsweerstand	15%	23%	38%	23%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	23%	15%	46%	15%
Stroom	23%	8%	46%	23%
Weerstand	23%	8%	46%	23%
Vermogen	46%	31%	23%	0%
Energie	46%	23%	31%	0%
Parallelschakeling				
Herkennen	0%	0%	31%	69%
Spanning	0%	0%	54%	46%
Stroom	0%	0%	54%	46%
Vervangingsweerstand	0%	31%	31%	38%
<i>Berekenen van:</i>				
Spanning	0%	15%	31%	54%
Stroom	0%	8%	38%	54%
Weerstand	0%	8%	31%	62%
Vermogen	31%	23%	31%	15%
Energie	31%	23%	31%	15%
<i>Aansluiten</i>				
Stroommeter	0%	8%	31%	62%
Spanningsmeter	0%	8%	23%	69%
Lampje en/of weerstand	0%	8%	23%	69%
Instructie bijgedragen	10%*	10%	60%	30%
Weektaak bijgedragen	0%	25%	33%	42%

*was er niet

Interventie 2: Conceptuele vraagstukken

Vraagstuk 1: Helderheid van de lampjes

	Gekozen alternatieven	Aantal
1.	$A = B = C$	22
	$A / B / C$	10
	$C / B / A$	4
	Niet	1
2.	$A / B / C$	35
	$A = B = C$	1
	$C / B / A$	1
3.	$A = B = C$	16
	$B / C / A$	10
	$A / C / B$	9
4.	$A / B = C$	8
	$A / B / C$	8
	$B / A = C$	1
	$A = B / C$	2
	$C / A / B$	12
	$B / A / C$	3
	$A = B = C$	3
5.	$A / C / B$	13
	$C / B = A$	3
	$A = B / C$	2
	$C / A / B$	4
	$A = C / B$	3
	$A / C = B$	2
	$B / C / A$	1
	$A = B = C$	1
	$B / A / C$	1
	$A / B / C$	1
	Niet	4

Vraagstuk 2: Vervangingsweerstand

Vervangingsweerstand	Aantal
$C / E = A / B = F / D$	10
Goede volgorde zonder = teken	17
$C / D / A = E / B = F$	3
$D / C / B = F / A = E$	3
$E / B / F / D / A / C$	2
$A / E = C / B = F / D$	8
$C / E / A / D / F / B$	1

Vraagstuk 3: Helderheid lampje

Helderheid lampje	Aantal
$C / B / A = D = E$	11
$C / B / A / D / E$	7
$C / B / E / D / A$	7
$C = E / D = B / A$	10
$C / E / B / D / A$	2
$C = B = A / D / E$	2

Koppeling tussen goede antwoorden conceptuele vraagstukken en DIRECT 1.0

Conceptuele vraag	Betrekking tot	Goed beantwoord	Vraag Direct 1.0	Goed beantwoord	Verbetering
1.1	Invloed lengte draad				
1.2	Meerdere lampjes in serie	95 %	2 20 24	56 % 65 % 71 %	10 % -9 % 12 %
1.3	Verschil felheid plek van lampje in serie	46 %			
1.5	Draad heeft geen weerstand	42 %	10 18	38 % 43 %	9 % 9 %
2	Vervangingsweerstand in serie en parallel	23% [61%]*	5 14 19	58 % 33 % 71 %	8 % -5 % 29 %
1.4 3	Spanning en stroom in serie en parallel	22 % 28 % [64%]*	3 7 12	54 % 60 % 39 %	22 % 24 % 37 %

*leerlingen hebben geen '='-teken gebruikt

Vragen welke voor zijn gekomen bij phet en de conceptuele vraagstukken

Enkele conceptuele vragen komen overeen met phet opdrachten. Hierdoor moeten deze vragen ook in dit licht bekeken worden. Hieronder staat een overzicht over welke vragen het gaat van DIRECT 1.0.

De conceptuele vragen dienden meer te richten op energie, vermogen en felheid van lampjes, alleen kan dit even goed worden herleidt tot de begrippen spanning en stroom.

Vraag DIRECT 1.0	Goed beantwoord	Verbetering
2	56 %	-13 %
5	58 %	8 %
12	39 %	37 %
19	71 %	29 %
20	65 %	-9 %
24	71 %	12 %

Conclusie

Conclusie na aanleiding van de DIRECT 1.0 vragen

De bundeling van vragen is afkomstig uit het artikel van Engelhardt & Beichner (2004).

Vragen	Conclusie
10, 19, 26	Leerlingen hebben een beter begrip dat stroom de weg van de minste weerstand kiest. Er wordt nauwelijks onderscheidt door leerlingen gemaakt dat een lamp aan de zijkant en aan de onderkant moet worden aangesloten.
9, 18	Geen significante verandering. 52% van de leerlingen houdt geen rekening dat een draad geen weerstand heeft en daardoor alle elektronen via het draad lopen en het lampje daardoor niet zal branden.
5, 14, 22	Het begrip weerstand is niet significant verbeterd. 25% van de leerlingen geeft aan dat weerstand een eigenschap van het materiaal is. Het beantwoorden van de vragen over weerstand zit op het percentage van gokken.
4, 13, 21	Leerlingen kunnen een realistische weergave omzetten naar een schematische weergave. Alleen houdt 50% van de leerlingen geen rekening mee hoe een lamp moet worden aangesloten. 80% van de leerlingen kan een parallelschakeling herkennen.
2, 12	De leerlingen koppelen energie niet aan de begrippen spanning en stroom. In een weerstand wordt evenveel energie omgezet ongeacht of de weerstand wordt verdubbeld. De leerlingen kunnen de situatie herkennen vanuit de conceptuele vragen waardoor de vraag beter wordt beantwoordt alleen is de vraag of leerlingen ook kunnen uitleggen waarom dat zo is. Aangezien bij vraag 2 56% van de leerlingen aangeeft dat de energie minder wordt wanneer er een extra weerstand in de schakeling wordt toegevoegd.
3, 20	Het aantal leerlingen dat begrijpt dat twee batterijen in serie twee keer zoveel energie geven is aanzienlijk verbeterd. Al denken meer leerlingen dat de hoeveelheid energie in de schakeling hetzelfde is bij 1 weerstand in vergelijking met 2 weerstanden. Dit komt waarschijnlijk door de phet opdracht welke door een aantal leerlingen verkeerd geïnterpreteerd is. Deze hebben hieruit mogelijk verkeerde conclusie getrokken en onthouden.
8, 17	Een aanzienlijk deel van de leerlingen heeft zich het concept eigen gemaakt dat stroom niet verloren gaat. Al blijft 30% van de leerlingen het concept behouden dat stroom verloren gaat. Deze groep geeft dat aan bij beide vragen.

7, 16, 24	Er is een sterke toename in het aantal leerlingen dat begrijpt dat de felheid van een lamp afhankelijk is van twee spanningsbronnen in serie of parallel zijn geschakeld. Er is een lichte toename van aantal leerlingen dat begrijpt dat het aantal lampen van invloed is op de felheid.
6, 15, 23, 27	50% van de leerlingen past het begrip spanning goed toe in een serieschakeling. In een parallelschakeling daalt het tot 28%. Meer leerlingen begrijpen dat spanning een eigenschap is van de batterij. Waarbij een deel van de leerlingen denkt dat het een eigenschap is van de gehele schakeling. Leerlingen koppelen niet het concept dat als er geen spanning staat over een lamp wanneer er geen stroom doorheen loopt. Terwijl een aantal leerlingen dit toch gemeten hebben tijdens de phet opdrachten.
14, 28	Leerlingen hebben kunnen de concept van een serie- en parallelschakeling niet combineren en toepassen op gemengde schakelingen. Beide vragen liggen op of onder het percentage van gokken.
1, 11	Wat er gebeurt op microscopische schaal wordt erg slecht beantwoord 23% en 9%. Deze onderwerpen zijn niet behandeld in deze lessenserie.

Correlatie wat in de les is behandeld en wat hebben de leerlingen geleerd.

Ongeveer 50% a 70% van de leerlingen geeft correct aan wat er is behandeld tijdens de instructie. Tijdens instructie 4 is er niks gezegd over serieschakeling en flink wat leerlingen geven aan dat het die week is behandeld.

Elke instructie hebben meer leerlingen het idee dat ze het begrip spanning en stroom goed begrijpen. In week 3 waarin serie vooral wordt behandeld in weektaak geven meer leerlingen aan het te begrijpen.

Het grote percentage leerlingen geeft aan dat bepaalde onderwerpen behandelt zijn ondanks dat het niet is behandeld in die week. Een leerling gaf later aan dat hij dacht iets gemist te hebben in de les. Daarom had hij maar aangevinkt dat hij het niet begrepen had maar wel behandelt. Hierdoor kan er weinig worden gezegd over deze resultaten.

Effectiviteit virtueel practica

Op 3 van de 6 vragen scoren de phet opdrachten een significante verbetering. Waarbij de ene gaat over elektronen worden verbruikt en de andere over de spanning in een serieschakeling. Op de andere drie vragen is er geen significant verschil gemeten tussen de eind- en nulmeting.

Virtueel practica kan bijdragen dat leerlingen de wetenschappelijke visie accepteren. Het is belangrijk dat de opdrachten heel erg gericht zijn en niet meerdere metingen verrichten aan een schakeling. Laat leerlingen een verklaring geven en bespreek deze vervolgens klassikaal. Voor leerlingen is het erg lastig om de koppeling zelf te maken tussen instructie en opdrachten.

Beperk het aantal opdrachten tot het minimale zodat leerlingen ook de tijd ervoor kunnen nemen. In dit onderzoek hadden leerlingen te weinig tijd om alle opdrachten binnen een lesuur te maken waardoor ze waarschijnlijk minder goed nadenken over de verklaring.

Zwakke punten aan virtueel practica op basis van Predict – Observe – Explain.

- P Leerlingen doen te weinig voorspellingen. Ze gaan eerst meten en daarna hun voorspelling invullen. Mogelijk een voorspelling vooraf invullen en later pas de opdrachten uitwerken. Er ontstaat nu geen cognitief conflict tussen mogelijk alternatief denkbeeld en de wetenschappelijke visie.
- O Leerlingen voeren practica anders uit waardoor ze andere resultaten krijgen en andere conclusie trekken. In enkele schakelingen was er onnodig gebruik gemaakt van een schakelaar waardoor leerlingen op andere conclusie kwamen.
- E Stuur de leerlingen met hun verklaring door aan te geven welk begrip ze moeten gebruiken. in hun verklaring. Zo kan er voorkomen worden dat leerlingen hele andere begrippen gebruiken.

De leerlingen kunnen wel een schakeling bouwen en goed meten maar lopen vast op een goede verklaring te geven. De verklaringen lopen in breed scala uiteen. De leerlingen zouden in tweetallen kunnen meten en later in viertallen hun verklaringen kunnen geven. Ze kunnen dan met elkaar overleggen en kunnen hun eigen alternatieve denkbeelden opmerken.

Effectiviteit conceptuele vraagstukken

De conceptuele vraagstukken welke twee keer behandeld is tijdens de instructie is een significante verbetering van 23%. Bij de andere vraagstukken is geen significant verschil merkbaar tussen eind- en nulmeting.

Vanuit de literatuur levert deze vorm vooral een significante verbetering op voor meisjes, dit wordt niet ondersteunt door de resultaten. Al is in dit onderzoek geen onderscheidt gemaakt tussen jongens en meisjes. Dit is geconcludeerd dat er geen significante verbetering is.

Effectiviteit interventies

Op welke manier zullen meer leerlingen de wetenschappelijke visie zich beter eigen maken en hun alternatieve denkbeelden verwerpen over de begrippen spanning, stroom en energie?

Leerlingen behouden voornamelijk hun eigen denkbeelden. Er is een lichte verbetering merkbaar op beide interventies op het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie door de leerlingen.

Advies na aanleiding van het onderzoek

Er moet veel aandacht besteedt worden aan de alternatieve denkbeelden met betrekking tot de wetenschappelijke visie. Richt je op enkele alternatieve denkbeelden welke behandeld worden in de les en besteedt hier veel aandacht aan zodat leerlingen zich een klein onderdeel goed eigen maken. Belangrijk is hierin is dat er een duidelijke verdeling wordt gemaakt tussen 2^e en 3^e klas. In de 2^e klas alleen concentreren op spanning, stroom en weerstand in basis-, serie en parallelschakeling. De begrippen vermogen en energie pas behandelen in de 3^{de}

klas. In de 2^e klas zal het onderwerp elektriciteit langer moeten worden behandeld en met meerdere werkvormen uitleggen om een goede basis te leggen. Op mijn school wordt er in de 2^e klas te weinig aandacht besteedt aan elektriciteit. Daardoor worden er teveel verschillende concepten behandeld in een te korte tijd in de 3^e klas.

Discussie

Verbetering van onderzoek

Vragen stellen voor en na de phet opdrachten en conceptuele vraagstukken.

De vragen van DIRECT 1.0 op splitsen en de vragen stellen aan het begin van de instructie en eind van instructie. Zo kan het effect van de interventie beter worden beoordeeld. In dit onderzoek zijn de eindresultaten van DIRECT 1.0 vergeleken met de antwoorden op de phet opdrachten van leerlingen. Nu kunnen meerdere oorzaken mogelijk zijn voor het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie.

Audio-observatie bij conceptuele vragen

Er zou gekeken kunnen worden hoe de leerlingen tot een gemeenschappelijke conclusie komen. Komt elke leerling aan het woord en hoeveel zegt elke leerling, luisteren de leerlingen naar elkaar en reageren ze op elkaars redenering.

Motivatie en enthousiasme

Er kan onderzoek worden gedaan naar de motivatie, werkhouding en enthousiasme van leerlingen bij verschillende werkvormen. Er kan uitspraak worden gedaan of alle leerlingen betrokken zijn waardoor het zich eigen maken van de wetenschappelijke visie mogelijk wordt. Mogelijk behouden leerlingen hun eigen denkbeeld omdat ze niet actief hebben deelgenomen tijdens de instructie en weektaken.

Interview

De leerlingen interviewen over de ervaringen met de opdrachten en vraagstukken. In welke mate weten ze beter wat de begrippen spanning en stroom betekenen. Op deze manier kan beter zicht worden gekregen op hoe leerlingen de opdrachten ervaren.

Interventie 1: Phet opdrachten

Bij phet opdrachten zijn leerlingen veel aan het doen zonder echt kritisch na te denken wat ze aan het meten zijn.

Een kanttekening over de documentanalyse van de phet opdrachten. Sommige werkbladen zijn in tweetallen gemaakt en de antwoorden zijn per werkblad geanalyseerd waardoor de antwoorden niet 2x zijn geteld. Dit effect is groter bij opdracht 11 t/m 15.

Door de hoeveelheid opdrachten van dezelfde werkvorm lijkt er verveling op te treden uit eigen observatie bij de leerlingen, al blijkt dat niet uit de resultaten.

De documentanalyse meteen uitvoeren en daar gerichte vragen over te stellen aan leerlingen. Al is het een bewuste keuze geweest om de analyse aan eind van de lessenserie uit te voeren om geen invloed uit te oefenen op de resultaten. In het onderzoek mochten de leerlingen anoniem alles invullen mogelijk was het beter geweest om leerlingen op elk document hun naam op te laten schrijven om beter inzicht te krijgen over het totaal beeld van leerlingen.

Interventie 2: Conceptuele vragen

Tijdens de uitvoering van de conceptuele vragen gingen de leerlingen meteen met elkaar overleggen waardoor de opzet van het onderzoek anders is verlopen.

Doordat de leerlingen met elkaar kunnen overleggen zou het ook kunnen dat de onzekere leerlingen denkt 'ik geloof de ander wel, die lijkt zeker te weten'. De conceptuele vragen hadden ook anders kunnen worden vormgegeven met een regel voor "eigen redentie" en "gezamenlijke conclusie".

Reflectie op het onderzoek

Sociaal onderzoek doen naar denkbeelden van leerlingen is moeilijker dan verwacht. De antwoorden die leerlingen geven zijn erg gevarieerd en soms moeilijk te categoriseren. Voor dit onderzoek had ik niet zo'n verscheidenheid aan antwoorden en verklaringen verwachten.

Tijdens het verwerken van mijn data merkte ik dat mijn onderzoeksinstrumenten niet precies meten wat ik wilde meten. Ik vind het afstemmen van de onderzoeksinstrumenten moeilijker dan ik van te voren had gedacht. Er wordt toch nog veel ruis gemeten. De categorieën beschreven door (Licht & Snoek, 1986) komen niet exact overeen met de DIRECT 1.0 vragenlijst (Engelhardt & Beichner, 2004). Ik heb te snel vertrouwt op de betrouwbaarheid van mijn meetinstrumenten. Dat ik liever een gevalideerde test had dan deze naar mijn eigen hand te zetten.

Van beide interventies had ik een veel hoger rendement verwacht. In de literatuur stond het beschreven dat beide een goede werkvorm is om leerlingen de wetenschappelijke visie zich eigen te laten maken terwijl dit in de praktijk toch is tegen gevallen. De eigen denkbeelden van leerlingen blijven erg hardnekkig. Waarschijnlijk omdat leerlingen de wetenschappelijke visie niet duidelijk vonden en daarom deze niet eigen maken.

Mijn interventie van phet opdrachten had ik al geschreven en daarna merkte ik dat mijn beide interventies teveel overlap hadden. Op dat moment had ik besloten om de conceptuele vragen over vermogen, energie en felheid van het lampje te laten gaan. Alleen zijn de begrippen vermogen en energie beide te herleiden tot spanning en stroom wat ik wilde behandelen bij de phet opdrachten. Op dit moment had ik mogelijk opnieuw moeten beginnen, al was daar te weinig tijd voor.

Ik heb veel geleerd van het onderzoek. Ik merkte dat leerlingen veel gemotiveerder waren om de opdrachten te maken omdat ik deze aan het eind van de les continu had ingenomen. Ik heb het gevoel dat voorgaande jaren leerlingen minder actief mee bezig waren. Het effect van werk innemen en mogelijk dat leerlingen hierdoor de opdracht serieuzer nemen omdat ze zelf ook serieuzer worden genomen.

Ik vond het erg verrassend het verschil tussen wat ik had uitgelegd en wat de leerlingen op de vragenlijst hebben aangegeven wat ze geleerd hebben. In sommige gevallen kwam dit volstrekt niet overeen, dat ik ben gaan twijfelen of de vragenlijst niet tussen de verkeerde stapel is beland. Blijkbaar kunnen sommige leerlingen wel stil zijn en naar het bord kijken maar krijgen ze toch weinig van de instructie mee.

Bij de dataverwerking verbaasde ik me hoe weinig leerlingen soms hun opdrachten of vragenlijst weer hadden ingeleverd. Op het moment in de klas had ik niet in de gaten dat veel leerlingen niks hadden ingeleverd. Evenals de DIRECT 1.0 vragenlijst invullen op de computer hebben blijkbaar veel leerlingen de tweede keer het niet ingevuld. Mogelijk waren er veel zieken op dat moment, maar blijkbaar hebben leerlingen andere dingen gedaan dan ik graag wilde zonder dat het mij is opgevallen.

Het bekijken van de werkbladen heeft voor mij echt laten zien dat het meerwaarde heeft. Om beter inzicht te krijgen in hoe leerlingen de opdracht interpreteren maar ook om een beter totaal overzicht te krijgen. Ik ben blijkbaar teveel geconcentreerd op de positieve signalen van leerlingen die goed aan het werk zijn en vragen stellen waardoor leerlingen die het willen zich kunnen drukken.

De phet opdrachten heb ik meerdere keren doorlopen of ik er tevreden mee was. De opdrachten heb ik ook voorgelegd aan een collega en deze was er ook positief over. Bij het analyseren van de opdrachten heb ik toch een flinke lijst met verbeterpunten. Dit komt vooral omdat leerlingen de vraag soms anders interpreteren omdat ik en mijn collega er al met een bepaald beeld naar kijken. Het is voor ons duidelijk wat we meten en waardoor dat komt. Leerlingen gaan er onbevangen in en doen wat er staat en dan blijkt de opdracht toch onduidelijker te zijn dan ik van te voren dacht.

Verbetering van de phet opdrachten.

Algemeen:

- Korte begrippenlijst met betekenis van spanning en stroom met tabel waarin alle grootheden en eenheden in staan met symbool zodat de begrippen spanning en stroom minder door elkaar worden gehaald.
- Duidelijker aangeven met titels waarover het gaat "wat er gemeten wordt"
- Opdrachten indelen door alleen de spanning te meten en daarover een verklaring laten geven. De volgende opdracht alleen de stroom meten en een verklaring geven. Nu lopen de opdrachten teveel door elkaar en halen sommige leerlingen de begrippen door elkaar.
- Gebruik van de schakelaar levert verkeerde verklaring op. De schakeling echt beperken tot het minimale wat nodig is.

Verbeterpunten van de phet opdrachten n.a.v. documentenanalyse.

Opdracht	Kwaliteit
1	Goed
2	Beweging van elektronen in de batterij of in de schakeling? Verskil tussen spanning en stroom alleen moet de spanningsmeter voor de lamp en na de schakelaar worden aangesloten.
3	Spanning en spanningsverschil
4	Eerst de stroomsterkte meten en daarna weerstand veranderen en dan tweede keer stroomsterkte meten. Alleen verklaring voor verwachting, niet na de meting.
5	Matig. Geeft geen nieuw inzicht. Er zijn meerdere opties mogelijk, meerdere aanvinken.

6	Matig. Leerlingen kunnen weerstand nog niet koppelen aan spanningsverschil.
7	Toevoegen van de vragen “wat verwacht je dat er gebeurt met de spanning en wat verwacht je dat er gebeurt met de stroomsterkte” en daarna over felheid van de lamp. Nu moeten leerlingen niet specifiek naar de stroomsterkte kijken, mogelijk meten ze alleen de spanning welke ook halveert. Afbeeldingen boven de opgaven. Waarschijnlijk hebben veel leerlingen deze niet goed gemeten, alleen het verschil in spanning. De stroomsterkte wordt nu alleen gemeten op verschillende plekken in de serieschakeling en niet vergeleken met de basisschakeling.
8	Fout in tekst 2x “spanning over lampje 1” Maak van de rekenopdracht een aparte opgave
9	Goed. Het rekengedeelte schrappen.
10	Gericht vragen naar de spanning over de elk lampje en de stroomsterkte voor en na de schakeling.
11	Goed
12	Vlak voor verklaring in te schrijven ontbreekt.
13	Vlak voor verklaring in te schrijven ontbreekt. Het rekenwerk beter buiten beschouwing laten, dat komt bij de opgaven in het boek.
14	Vlak voor verklaring in te schrijven ontbreekt.
15	Rekenopdracht schrappen

Bibliografie

Aufschnaiter, C. v., & Rogge, C. (2010). Misconceptions or missing conceptions? *eurasia journal of mathematics, science & technology education* , 3-18.

Baser, M. (2006). Effects of conceptual change and traditional confirmatory simulations on pre-service teachers' understanding of direct current circuits. *Science education and technology* (5).

Baser, M., & Durmus, S. (2010, 6). The effectiveness of computer supported versus real laboratory inquiry learning environments on the understandings of direct current electricity among pre-service elementary school teachers. *Mathematics, Science & technology education* , 47-61.

Duit, R., & Rhoneck, C. v. (sd). Students' conception of current, voltage and resistance.

Engelhardt, P., & Beichner, R. (2004, januari). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of physics* .

Kipnis, N. (2008). A law of physics in the classroom: the case of Ohm's law.

Lappi, O. (2012, mei 3). Qualitative quantitative and experimental concept possession, criteria for identifying conceptual change in science education.

Licht, P., & Snoek, M. (1986). Elektriciteit in de onderbouw. *NVON* (11).

Mulhall, P., McKittrick, B., & Gunstone, R. (2001). A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity. *Science education* .

Potvin, P., Mercier, J., Charland, P., & Riopel, M. (2011, januari 25). Does classroom explication of initial conceptions favour conceptual change or is it counter-productive?

Rob, L. d., Schuman, H., & Montessori, N. (2011). Praktijkgericht onderzoek voor reflectieve professionals.

Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. (sd). Teaching for conceptual change: a review of strategies.

Bijlagen

- Vragenlijst "Effectiviteit instructie en weektaak"
- Vragenlijst "DIRECT 1.0"
- Phet opdrachten
- Conceptuele vragen

Effectiviteit instructie en weektaak

Week: ..

Deze vragenlijst dient om te achterhalen hoeveel voor je gevoel hebt geleerd deze week tijdens de instructie en de weektaak van Natuurkunde.

Vul de vragenlijst zo eerlijk mogelijk in.

De vragenlijst is anoniem.

Hieronder staan een aantal onderwerpen genoemd van elektriciteit. Aan de rechterkant staan vier bolletjes. De bolletjes staan voor:

- 1 **niet** behandelt deze week
- 2 behandeld maar ik begrijp het **niet**
- 3 behandeld en ik begrijp het **redelijk**
- 4 behandeld en ik begrijp het

De begrippen :	1	2	3	4
- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Weerstand	☐	☐	☐	☐
- Vermogen	☐	☐	☐	☐
- Energie	☐	☐	☐	☐
De wet van Ohm	☐	☐	☐	☐

Basisschakeling

In een basisschakeling het berekenen van

- Weerstand	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Vermogen	☐	☐	☐	☐
- Energie	☐	☐	☐	☐

Serieschakeling

Herkennen van een serieschakeling	☐	☐	☐	☐
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Eigenschappen van een serieschakeling

- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Vervangingsweerstand	☐	☐	☐	☐

Het berekenen van in een **serieschakeling**

- Weerstand	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Vermogen	☐	☐	☐	☐
- Energie	☐	☐	☐	☐

Parallelschakeling

Herkennen van een parallelschakeling ☐ ☐ ☐ ☐

Eigenschappen van een **parallelschakeling**

- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Vervangingsweerstand	☐	☐	☐	☐

Het berekenen van in een **parallelschakeling**

- Weerstand	☐	☐	☐	☐
- Stroom	☐	☐	☐	☐
- Spanning	☐	☐	☐	☐
- Vermogen	☐	☐	☐	☐
- Energie	☐	☐	☐	☐

Aansluiten van een....

- Stroommeter	☐	☐	☐	☐
- Spanningsmeter	☐	☐	☐	☐
- Lampje en/of weerstand	☐	☐	☐	☐

Hoeveel heeft de **instructie** voor je gevoel
bijgedragen aan het begrijpen elektriciteit ☐ ☐ ☐ ☐

Hoeveel heeft de **weektaak** voor je gevoel
bijgedragen aan het begrijpen elektriciteit ☐ ☐ ☐ ☐

Opmerking(en) over **instructie**:

--

Opmerking(en) over **weektaak**:

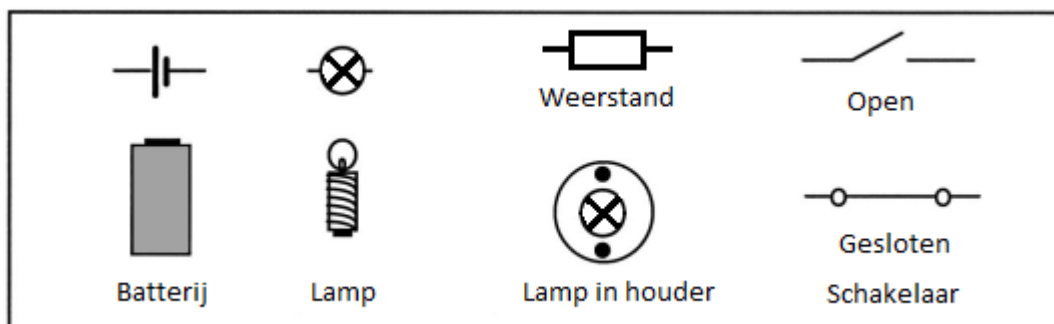
--

Instructies diagnostische test:

Voel je vrij om een kladblaadje en een rekenmachine te gebruiken. De antwoorden op de vragen vul digitaal in. Het invullen van de vragenlijst heb je 40min de tijd.

Extra informatie

Alle lampen, weerstanden en batterijen zijn identiek tenzij anders staat vermeld. De draden hebben geen weerstand. Hieronder staan de symbolen welke gebruikt worden in de test, zie ook whiteboard op het domein.

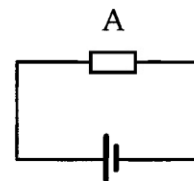


1. Worden ladingen, verbruikt in een lamp, omgezet in licht?
 - a. Ja, ladingen bewegen door het gloeidraad en door "wrijving" wordt het gloeidraad warm en produceert het licht.
 - b. Ja, ladingen worden uitgezonden
 - c. Nee, ladingen blijven behouden. Het wordt alleen omgezet in een andere vorm zoals warmte en licht
 - d. Nee, ladingen blijven behouden. Ladingen bewegen door het gloeidraad en door "wrijving" wordt het gloeidraad warm en produceert het licht.

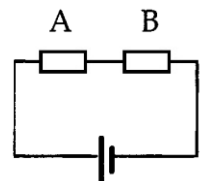
2. Hoe verandert de hoeveelheid geleverde energie aan weerstand A wanneer weerstand B wordt toegevoegd?

Zie schakeling 1 en 2 hiernaast.

- a. Neemt toe
- b. Neemt af
- c. Blijft gelijk



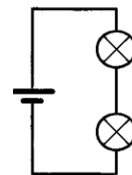
Schakeling 1



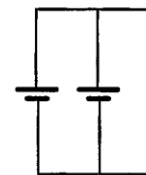
Schakeling 2

3. Bekijk onderstaande schakelingen. Welke schakeling of schakelingen levert per seconde de grootste hoeveelheid energie op?

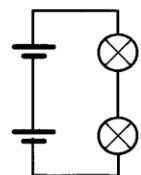
- a. Schakeling 1
- b. Schakeling 2
- c. Schakeling 3
- d. Schakeling 1 & Schakeling 2
- e. Schakeling 2 & Schakeling 3



Schakeling 1



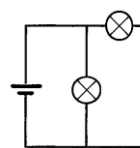
Schakeling 2



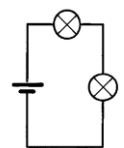
Schakeling 3

4. Bekijk de onderstaande schakelingen. Welke schakeling of schakelingen hierboven bestaan uit een parallelschakeling met batterij en twee lampen.

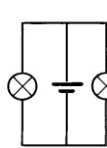
- a. A
- b. B
- c. C
- d. A en C
- e. A, C en D



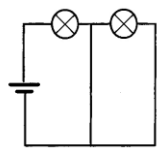
A



B



C



D

5. Vergelijk de weerstand in vertakking 1 met de weerstand in vertakking 2.

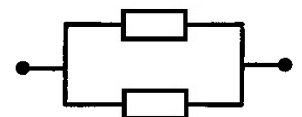
Een vertakking is een deel van een schakeling.

Welke vertakking heeft de kleinste weerstand?

- a. Vertakking 1
- b. Vertakking 2
- c. Geen van beide, ze zijn hetzelfde



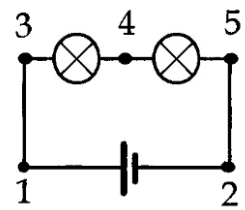
Vertakking 1



Vertakking 2

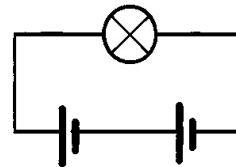
6. Noteer het spanning over punt 1 en 2, punt 3 en 4, en punt 4 en 5 in de schakeling hiernaast van hoog naar laag.

- 1 en 2, 3 en 4, 4 en 5
- 1 en 2, 4 en 5, 3 en 4
- 3 en 4, 4 en 5, 1 en 2
- 3 en 4 = 4 en 5, 1 en 2
- 1 en 2, 3 en 4 = 4 en 5

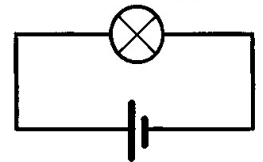


7. Vergelijk de felheid van de lamp in schakeling 1 met de lamp in schakeling 2. Welke lamp is feller?

- Lamp in schakeling 1
- Lamp in schakeling 2
- Geen van beide, ze zijn hetzelfde



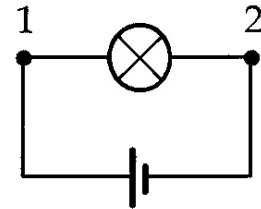
Schakeling 1



Schakeling 2

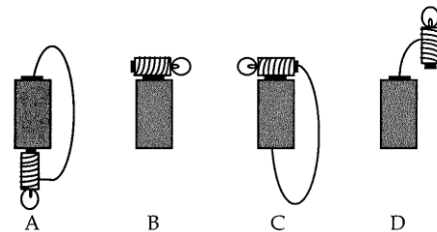
8. Vergelijk de stroom in punt 1 met de stroom in punt 2. Door welk punt loopt een grotere stroom?

- Punt 1
- Punt 2
- Geen van beide, ze zijn hetzelfde



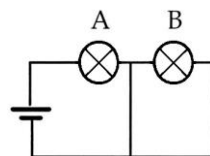
9. In welke schakeling brandt de lamp?

- A
- C
- D
- A en C
- B en D

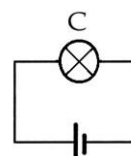


10. Vergelijk de felheid van de lampen A en B in schakeling 1 met de felheid van lamp C in schakeling 2. Welke lamp of lampen zijn het felst?

- A
- B
- C
- A = B
- A = C



Schakeling 1

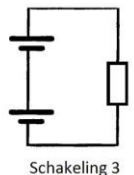
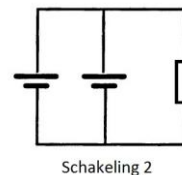
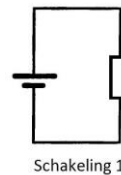


Schakeling 2

11. Hoe kunnen lampen thuis bijna meteen aan gaan als je op de lichtknop drukt?
- Ladingen bevinden zich al in het draad. Wanneer de schakeling is gesloten, vind er een snelle herverdeling aan de oppervlaktespanning in de schakeling.
 - Ladingen slaan energie op. Wanneer de schakeling gesloten is, komt de energie vrij.
 - Ladingen in een draad bewegen erg snel.
 - De schakelingen in een huis zijn parallel geschakeld. Dus, er beweegt al een stroom.

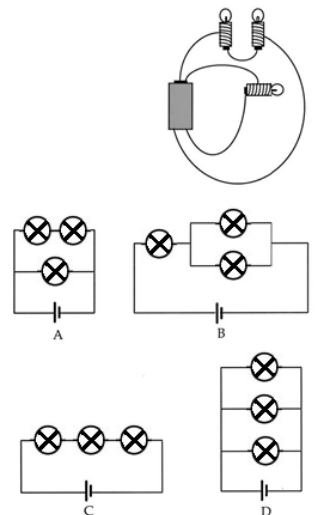
12. In welke schakeling of schakelingen wordt het minste energie omgezet?

- Schakeling 1
- Schakeling 2
- Schakeling 3
- Schakeling 1 = Schakeling 2
- Schakeling 1 = Schakeling 3



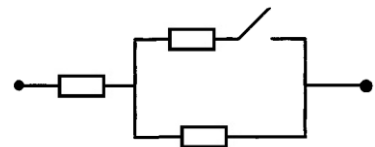
13. Bekijk de schakeling hiernaast van 3 lampjes die aangesloten zijn op een batterij. Welke schematische weergave geeft het beste deze schakeling weer?

- A
- B
- C
- D
- Geen van hierboven genoemde.



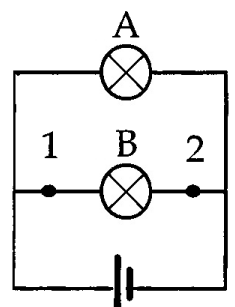
14. Hoe verandert de weerstand tussen de uiteinden wanneer de schakelaar gesloten wordt?

- Neemt toe
- Neemt af
- Blijft gelijk



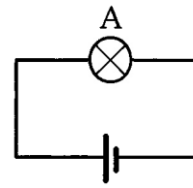
15. Wat gebeurt er met de spanning over punt 1 en punt 2 wanneer de lamp A wordt weggehaald?

- Neemt toe
- Neemt af
- Blijft gelijk

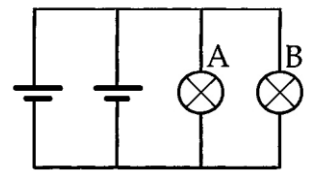


16. Vergelijk de felheid van lamp A in schakeling 1 met lamp A in schakeling 2. Welke lamp is feller?

- Lamp A in schakeling 1
- Lamp A in schakeling 2
- Geen van beide, ze zijn hetzelfde



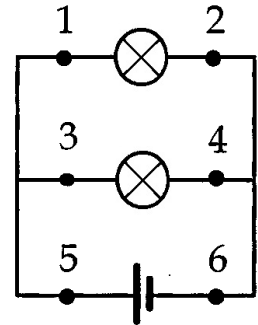
Schakeling 1



Schakeling 2

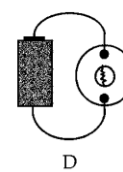
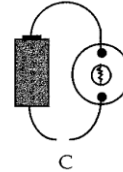
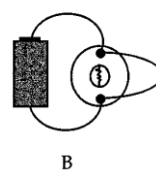
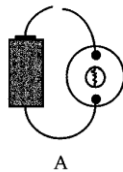
17. Noteer de stroomsterkte op punt 1, 2, 3, 4, 5, en 6 van groot naar klein.

- 5 -> 1 -> 3 -> 2 -> 4 -> 6
- 5 -> 3 -> 1 -> 4 -> 2 -> 6
- 5 = 6 -> 3 = 4 -> 1 = 2
- 5 = 6 -> 1 = 2 = 3 = 4
- 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6



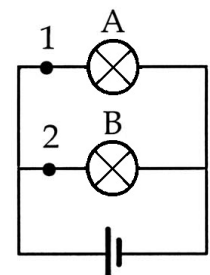
18. In welke schakeling(en) zal de lamp branden?

- A
- B
- D
- B en D
- A en C



19. Wat gebeurt er met de felheid van lamp A en B wanneer punt 1 en 2 in de schakeling met een draad worden verbonden?

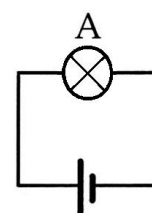
- Neemt toe
- Neemt af
- Blijft hetzelfde
- A wordt feller dan B
- Beide lampen gaan uit



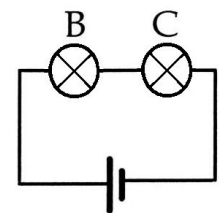
20. Vraag over elektrisch veld geschrapt

21. Vergelijk de hoeveelheid energie die per seconde geleverd wordt aan de lamp in schakeling 1 met de energie die per seconde geleverd wordt aan schakeling 2. Welke lamp of lampen krijgt de meeste energie per seconde geleverd?

- A
- B
- C
- B = C
- A = B = C



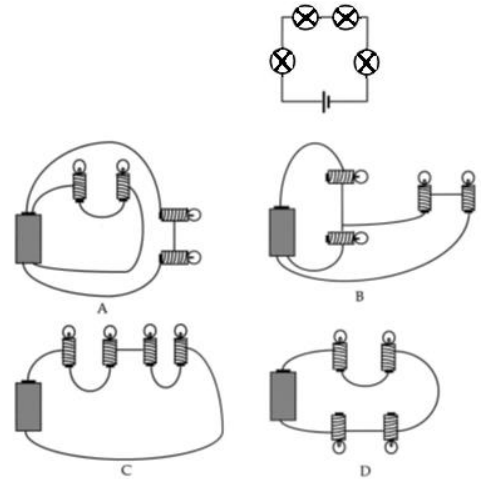
Schakeling 1



Schakeling 2

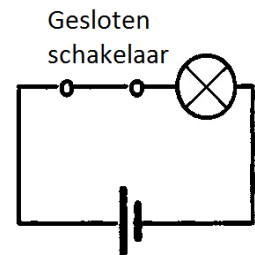
22. Welke realistische schakeling(en) komt overeen met de hieronder staande schematische weergave?

- a. A
- b. C
- c. D
- d. A en B
- e. C en D



23. Wat gebeurt er onmiddellijk met de weerstand van de lamp nadat de schakeling wordt geopend?

- a. de weerstand neemt toe
- b. de weerstand neemt af
- c. de weerstand blijft hetzelfde
- d. de weerstand gaat naar nul

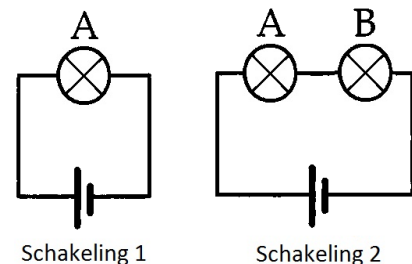


24. Als de stroom door een batterij wordt verdubbeld, wordt de spanning over een batterij ook verdubbeld?

- a. Ja, omdat de wet van Ohm zegt $U = I \cdot R$
- b. Ja, omdat de weerstand groter wordt, wordt de spanning ook groter
- c. Nee, omdat de stroom verdubbelt, wordt de spanning gehalveerd
- d. Nee omdat de spanning een eigenschap is van de batterij
- e. Nee, omdat de spanning een eigenschap is van de gehele schakeling

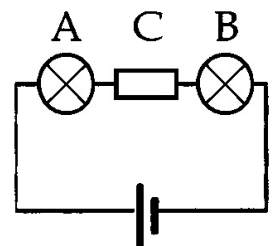
25. Vergelijk de felheid van lamp A in schakeling 1 met lamp A in schakeling 2. Welke lamp is feller?

- a. Lamp A in schakeling 1
- b. Lamp A in schakeling 2
- c. Geen van beide, ze zijn hetzelfde



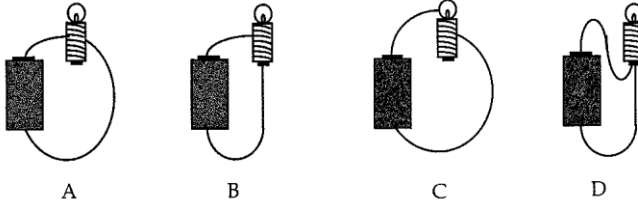
26. De weerstand C wordt groter, wat gebeurt er met de felheid van de lamp A en B?

- a. A blijft hetzelfde, B wordt minder fel
- b. A wordt minder fel, B blijft hetzelfde
- c. A en B worden feller
- d. A en B worden minder fel
- e. A en B blijven hetzelfde



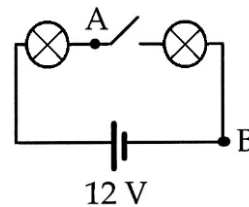
27. Bekijk de onderstaande schakelingen. Branden alle lampen even fel?

- Ja, omdat ze allemaal hetzelfde zijn aangesloten
- Nee, omdat alleen B zal branden. A, C en D zijn verkeerd aangesloten
- Nee, omdat alleen D zal branden. D is de enige met gesloten stroomkring
- Nee, C is verkeerd aangesloten. A, B en D zullen branden.



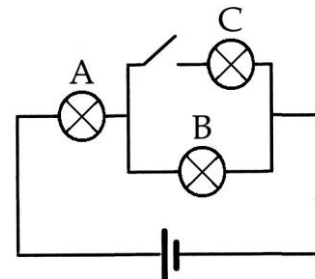
28. Wat is de spanning over punt A en B?

- 0 V
- 3 V
- 6 V
- 12 V



29. Wat gebeurt er met de felheid van lamp A en B wanneer de schakelaar wordt gesloten?

- A blijft hetzelfde, B wordt minder fel
- A wordt feller, B wordt minder fel
- A en B worden feller
- A en B worden minder fel
- A en B blijven even fel



Gelijkspanning en gelijkstroom

Simulatie: <http://phet.colorado.edu/nl/simulation/circuit-construction-kit-dc>

Klik op “speel nu af”. Er komt een pop-up die vraagt om Java te updaten, niet doen. Vervolgens komt er een blauw scherm in beeld met enkele symbolen aan de rechterkant.

Stroomkring: Aansluiten lampje
Begripsvorming: spanning, stroom
Wanneer is er spanning in een schakeling?

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Spanning	U	Volt	V
Stroom	I	Ampère	A
Weerstand	R	Ohm	Ω
Vermogen	P	Watt	W
Energie	E	Joule kiloWattuur	J kWh
tijd	t	seconde uur	s h

Opdracht 1

Op een lamp aan te sluiten heb je een spanningsbron en twee draden nodig.

Hoe moeten de draden aan de lamp bevestigd worden:

- a) beide draden aan de onderkant
- b) beide draden aan de zijkant
- c) één draad aan de onderkant en één draad aan de zijkant

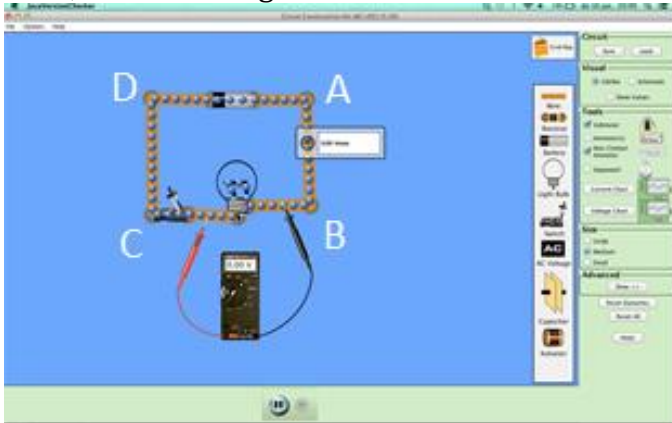
Bouw je schakeling in de simulatie.

Geef een verklaring.

Wat stellen de ronde bolletjes voor in de simulatie?

Opdracht 2

Plaats een schakelaar in je schakeling waarmee het lampje aan en uit kunt schakelen. Zet de schakelaar open zodat het lampje uit is, zie afbeelding hieronder.



Loopt er een stroom in de schakeling wanneer de schakelaar open is? Geef een verklaring.

Sluit de schakelaar zodat de lamp brandt. Welke kant bewegen de bolletjes (elektronen) op? Van + naar - of van - naar +?
+ is het zwarte gedeelte van de batterij

Opdracht 3

De spanningsbron staat standaard ingesteld op 9 V. Aan de rechterkant kun je een spanningsmeter pakken en aan de schakeling gaan meten.

Een spanningsmeter meet de spanningsverschil tussen twee punten.

Wat verwacht je dat de spanningsmeter aangeeft als deze wordt aangesloten zoals in opdracht 2?

	A en B	B en C	C en D
a)	0 V	0 V	9 V
b)	0 V	9 V	9 V
c)	0 V	9 V	0 V
d)	9 V	9 V	0 V
e)	9 V	9 V	9 V

Bouw de schakeling. Meet de spanning over de verschillende punten.

Wanneer geeft de spanningsmeter 9 V aan?

Wanneer geeft de spanningsmeter 0 V aan?

Geef een verklaring hoe dit kan.

Opdracht 4

De weerstand van de lamp wordt vergroot. Wat verwacht je dat er met de lamp gebeurt, deze brandt

- a) feller
- b) even fel
- c) minder fel branden.

Geef een verklaring.

Klik rechtermuisknop de lamp "change resistance". Vergroot de weerstand. Wat gebeurt er met de lichtstralen van de lamp?

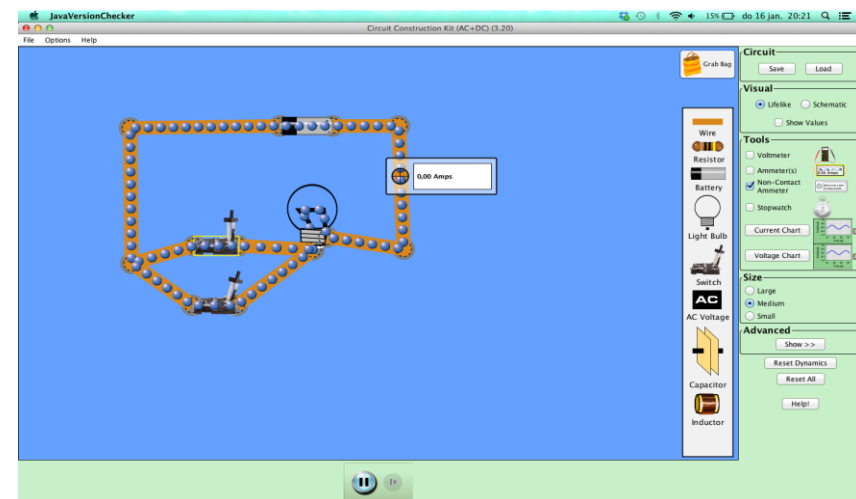
Meet de stroomsterkte door de schakeling met 1 lampje, de non-contact ammeter (Ampère-meter) is gebruiksvriendelijker.

Wat is de stroomsterkte door een lampje? ____ A

Kijk hoe fel het lampje brandt.

Opdracht 5

Hieronder staat een lampje in serie geschakeld met twee schakelaars die parallel met elkaar staan. Verbind het lampje met de schakelaars en de schakelaars met je spanningsbron zoals in onderstaande afbeelding.



Wanneer verwacht je dat het lampje brandt?

- a) wanneer bovenste schakelaar dicht is
- b) wanneer onderste schakelaar dicht is
- c) wanneer beide schakelaren dicht zijn
- d) wanneer beide schakelaren open zijn

Bouw de schakeling.

Wanneer branden de lampjes.

Geef een verklaring.

Opdracht 6

Doe de bovenste schakelaar open en sluit de onderste schakelaar.

Verwacht je dat er een spanning staat over de onderste schakelaar?

- a) Ja
- b) Nee

Meet de spanning over beide schakelaars.

De spanning over de bovenste schakelaar is: ____ V

De spanning over de onderste schakelaar is: ____ V

Geef een verklaring voor je antwoordt.

Schakelingen

Serieschakeling:

In een serieschakeling zitten de lampjes achter elkaar, denk aan een serie op tv daarin zitten de aflevering ook achter elkaar.

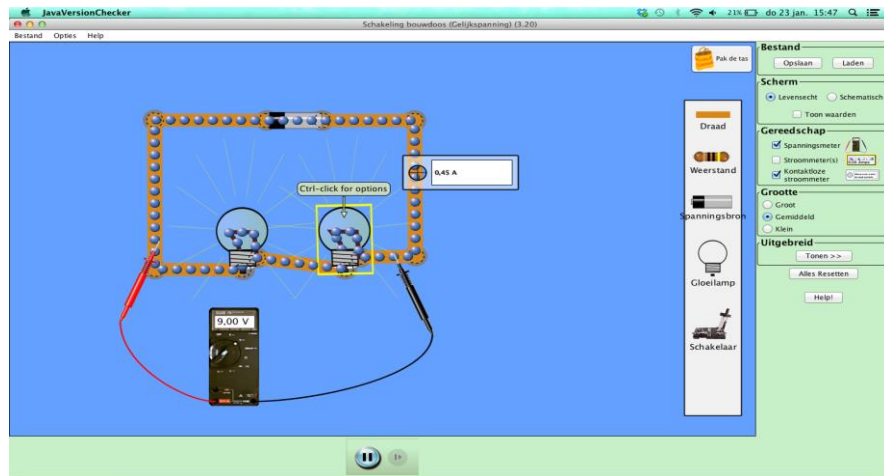
De eenvoudigste serieschakeling is met twee lampjes of weerstanden, zie onderstaande afbeelding.

En...

Toepassen van "wet van Ohm": $weerstand = \frac{spanning}{stroom}$

Formule in symbolen:

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



De komende opdrachten gaan over serieschakeling en kun je antwoordt geven op de volgende drie vragen:

- Wat gebeurt er met de spanning in serieschakeling?
- Wat gebeurt er met de stroom in serieschakeling?
- Welke verband is er tussen de totale weerstand in de schakeling en de weerstand van elke lamp?

In opdrachten van vorige week bestonden de schakeling steeds uit 1 lampje. Vandaag wordt de schakeling uitgebreid met een extra lampje in serie, zie afbeelding hiernaast.

Grootheid	Symbool	Eenheid	Symbool
Spanning	U	Volt	V
Stroom	I	Ampère	A
Weerstand	R	Ohm	Ω
Vermogen	P	Watt	W
Energie	E	Joule kiloWattuur	J kWh
tijd	t	seconde uur	s h

Opdracht 7

Wat verwacht jij dat er gaat gebeuren wanneer er een tweede lampje in de schakeling wordt geplaatst.

Het eerste lampje brandt

- a) feller
- b) even fel
- c) minder fel.

Geef een verklaring voor je verwachting.

Bouw de schakeling.

Tip: Je kunt beide schakeling naast elkaar bouwen waarin een schakeling met 1 lampje en de andere met twee lampjes.

Geef een verklaring.

Energie

De felheid van een lampje hangt af van hoeveel elektrische energie een lampje omzet. De hoeveelheid **energie** is afhankelijk van **spanning**, **stroom** en **tijdsduur**.

$$Energie = spanning \times stroom \times tijd$$

Wanneer een tweede lampje in de schakeling wordt geplaatst branden beide lampjes minder fel.

Waardoor verwacht je dat de lampjes minder fel branden?

De spanning over 1 lampje wordt:

- a) groter
- b) blijft gelijk
- c) kleiner

De stroom door 1 lampje wordt:

- a) groter
- b) blijft gelijk
- c) kleiner

Geef een korte uitleg over bovenstaande antwoorden.

Meet de stroomsterkte voor de lampjes? ____ A
 Meet de stroomsterkte tussen de lampjes? ____ A
 Meet de stroomsterkte na de lampjes? ____ A

Wat valt je op?

Hoe groot is de spanning over beide lampjes? ____ V
 Hoe groot is de spanning over lampje 1? ____ V
 Hoe groot is de spanning over lampje 2? ____ V

Wat valt je op aan de spanning?

Vermogen is de hoeveelheid **energie per seconde**.
Vermogen = spanning × stroom.

Bereken hoeveel vermogen elke lampje verbruikt in de schakeling. Gebruik bovenstaande formule.

	Lampje 1	Lampje 2
Formule:		
Berekening:		
Antwoord + eenheid:		

Hoeveel vermogen hebben beide lampjes samen?

Is het vermogen van beide lampjes afzonderlijk gelijk aan het geleverde vermogen van de spanningsbron? Ja / Nee

Opdracht 8

De weerstand van lampjes zijn standaard 10 Ω. Van één lampje ga je de weerstand veranderen naar 20 Ω, deze noemen we lampje 1.

Geef aan wat je verwacht dat er gebeurt met de spanning over lampje 1 wanneer de weerstand groter wordt.

De spanning wordt:

- a) groter
- b) blijft gelijk
- c) kleiner

Metten:

Klik met rechtermuisknop op het lampje en vervolgens op “wijzig weerstand” en stel deze in op 20 Ω.

De spanning over beide lampjes is: ____ V
 De spanning over lampje 1 is: ____ V
 De spanning over lampje 2 is: ____ V

De stroomsterkte in de schakeling is: ____ A

Geef een verklaring voor de grootte van de spanning.

--

In deze schakeling heeft lampje 1 een weerstand van 30 Ω en lampje 2 een weerstand van 10 Ω .

De vervangingsweerstand in de schakeling kunnen we uitrekenen met de formule: $weerstand = \frac{spanning}{stroom}$

Bereken de vervangingsweerstand van beide lampjes samen. Gebruik de formule en je meetwaarde van spanning en stroom.

Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Wat valt je op aan de vervangingsweerstand ten opzichte van de beide losse weerstanden van de lampjes?

--

Hoe groot verwacht je dat de stroomsterkte gaat worden wanneer beide lampjes een weerstand van 30 Ω hebben? Toon dit aan met een berekening.

Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Verander de weerstand van lampje 2 ook naar 30 Ω .

Meet de stroomsterkte. ____ A

Klopt deze meetwaarde met je berekening?

--

Opdracht 9

De bronspanning ga je verhogen naar 15V en een lampje 1 heeft een weerstand van $10\ \Omega$ en lampje 2 van $20\ \Omega$.

Klik met rechtermuisknop op “verander spanning” en stel het in op de 15V.

Hoe groot verwacht je dat de spanning is over lampje 1?

- a) 5 V
- b) 7,5 V
- c) 10 V
- d) 15 V

Hoe groot verwacht je dat de spanning is over lampje 2?

- a) 5 V
- b) 7,5 V
- c) 10 V
- d) 15 V

Stel de juiste waarde in voor beide lampjes en meet de spanning.

De spanning over lampje 1 is: ____ V

De spanning over lampje 2 is: ____ V

Meet de stroomsterkte in de schakeling.

Komt deze overeen met je berekening? Ja / Nee

Toon aan met een berekening hoe groot de stroomsterkte is in de schakeling.

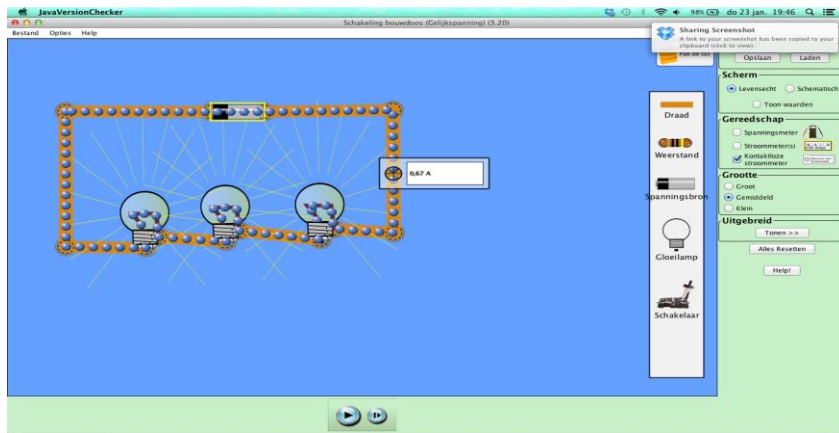
Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Toon aan met de Wet van Ohm dat de gemeten spanning klopt bij beide weerstanden.

	Lampje 1	Lampje 2
Formule:		
Berekening:		
Antwoord + eenheid:		

Opdracht 10

We maken nu een schakeling met drie lampjes, zie onderstaand figuur.



De weerstand van de linker en rechter lampje is $10\ \Omega$. De weerstand van het middelste lampje wordt verhoogt naar $30\ \Omega$.

Op welke lampje(s) heeft deze verandering invloed:

- a) alleen het linker lampje
- b) linker en middelste lampjes
- c) alle lampjes
- d) rechter en middelste lampjes
- e) alleen het rechter lampje

Geef verklaring voor bovenstaande antwoord.

Bouw de schakeling en verander de weerstand.

Klopt je voorspelling? Zo nee, wat gebeurt er wel?

Parallel schakelingen

Simulatie: <http://phet.colorado.edu/nl/simulation/circuit-construction-kit-dc>

Parallelschakeling:

In een parallelschakeling zitten de lampjes elk op een andere vertakking, denk twee rails banen naast elkaar.

De eenvoudigste parallelschakeling is met twee lampjes of weerstanden, zie afbeelding.

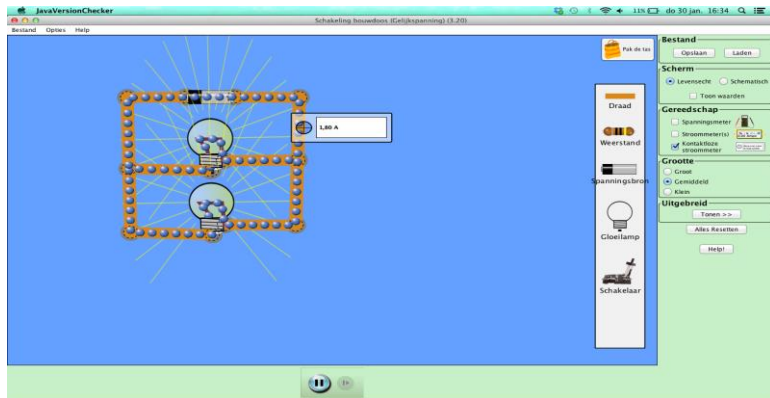
Toepassen van "wet van Ohm": $weerstand = \frac{spanning}{stroom}$

Formule in symbolen:

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

Totale weerstand parallelschakeling:

$$\frac{1}{totale\ weerstand} = \frac{1}{weerstand\ 1} + \frac{1}{weerstand\ 2}$$



Opdracht 11

De draden in de schakeling hebben geen weerstand. De schakeling bestaat uit twee lampjes welke parallel geschakeld zijn.

Vul je voorspelling in op de stippellijn.

De spanning over het onderste lampje is dan de spanning over het onderste lampje?

- a) groter
- b) even groot
- c) kleiner

De stroom door het onderste lampje is dan de stroom van de bron.

- a) groter
- b) even groot
- c) kleiner

Bouw de schakeling.

Meet de stroom door het bovenste lampje: _____ A

Meet de stroom door het onderste lampje: _____ A

Meet de totale stroom voor de splitsing: _____ A

Wat valt je op?

Meet de spanning over de bovenste lampje: ____ V

Meet de spanning over de onderste lampje: ____ V

Wat valt je op?

Opdracht 12

Twee lampjes zijn parallel geschakeld. Het onderste lampje noemen we lampje 2. Voor lampje 2 zit een schakelaar.

Wat gebeurt er met lampje 1 wanneer de schakelaar open wordt gezet voor lampje 2?

- a) Lampje 1 brandt feller
- b) Lampje 1 blijft even fel branden
- c) Lampje 1 brandt minder fel.

Geef een verklaring voor bovenstaande verwachting.

De stroomsterkte door lampje 1 ...

- a) wordt groter
- b) blijft hetzelfde
- c) wordt kleiner

De stroomsterkte vanaf de spanningsbron ...

- a) wordt groter
- b) blijft gelijk
- c) wordt kleiner

De spanning over lampje 1 ...

- a) wordt groter
- b) blijft hetzelfde
- c) wordt kleiner

De spanning over lampje 2 ...

- a) wordt groter
- b) blijft hetzelfde
- c) wordt kleiner

Bouw de schakeling

Meet de stroom door het lampje: ____ A

Meet de stroom voor de splitsing: ____ A

Meet de spanning over het lampje: ____ V

Meet de spanning over de bron: ____ V

Klopt je voorspelling? Zo nee, geef een verklaring.

Opdracht 13

Van lampje 2 wordt de weerstand verhoogt naar $30\ \Omega$.

Geef je verwachting wat er op de stippellijn moet staan.

Lampje 2 zal ... gaan branden dan toen de weerstand van het lampje $10\ \Omega$ was?

- a) feller
- b) even fel
- c) minder fel

Lampje 1 zal ... branden dan lampje 2.

- a) feller
- b) even fel
- c) minder fel

Geef een verklaring voor je antwoordt.

De stroom door lampje 1 is ... de stroom door lampje 2.

- a) groter dan
- b) gelijk aan
- c) kleiner dan

De spanning over lampje 1 is ... de spanning over lampje 2.

- a) groter dan
- b) gelijk aan
- c) kleiner dan

Bouw de schakeling.

Meet de stroom door het bovenste lampje: ____ A

Meet de stroom door het onderste lampje: ____ A

Meet de totale stroom voor de splitsing: ____ A

Wat valt je op?

--

Meet de spanning over de bovenste lampje: ____ V

Meet de spanning over de onderste lampje: ____ V

Wat valt je op?

--

Bereken de totale weerstand in de schakeling. Gebruik daarvoor

de formule: $\frac{1}{\text{totale weerstand}} = \frac{1}{\text{weerstand 1}} + \frac{1}{\text{weerstand 2}}$

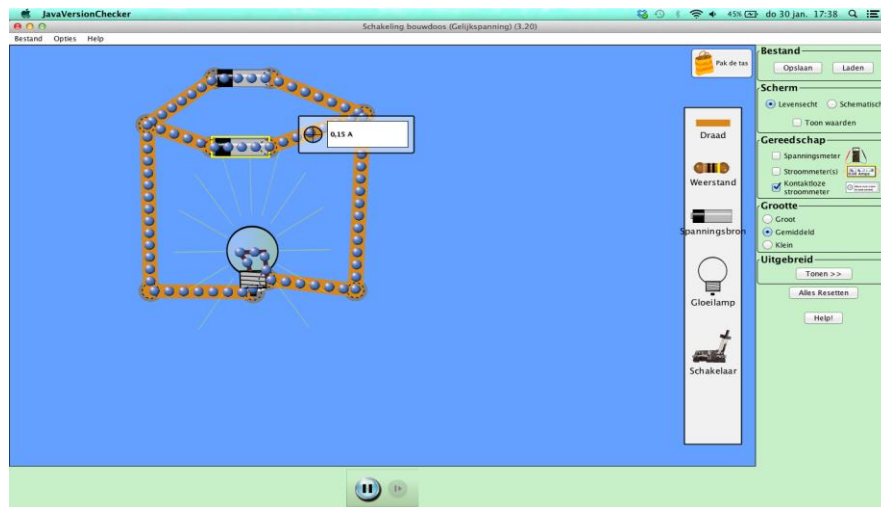
Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Bereken de stroomsterkte met de wet van Ohm ($R = \frac{U}{I}$) en bovenstaande antwoord van de totale weerstand.

Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Opdracht 14

In een schakeling kunnen ook twee spanningsbronnen parallel geschakeld zijn met een lampje, zie onderstaand figuur.



Het lampje brandt ... met 1 spanningsbron.

- a) Feller dan
- b) even fel als
- c) minder fel dan

Geef een verklaring.

De spanning over het lampje is ... met 1 spanningsbron.

- a) groter dan
- b) even groot als
- c) kleiner dan

De stroomsterkte door het lampje is ... met 1 spanningsbron.

- a) groter dan
- b) even groot als
- c) kleiner dan

Bouw de schakeling.

Let op!! Zorg ervoor dat de draden van elke spanningsbron naar het lampje even lang zijn, zie figuur.

Meet de stroomsterkte door het lampje: ____ A

Meet de stroomsterkte door spanningsbron 1: ____ A

Meet de stroomsterkte door spanningsbron 2: ____ A

Wat valt je op?

Meet de spanning over het lampje: ____ V
 Meet de spanning over spanningsbron 1: ____ V
 Meet de spanning over spanningsbron 2: ____ V

Wat valt je op?

Stel het lampje is aangesloten op twee batterijen.
 Zal het lampje dan ... met 1 batterij.

- a) langer branden dan
- b) even lang branden als
- c) korter branden dan

Geef een verklaring

Opdracht 15

In een schakeling zitten drie lampjes parallel aangesloten.

Lampje 1 heeft een weerstand van $10\ \Omega$.

Lampje 2 heeft een weerstand van $20\ \Omega$.

Lampje 3 is onbekend.

De totale stroomsterkte is $1,95\text{ A}$ en de spanningsbron levert een spanning van 12 V .

Bereken de weerstand van lampje 3.

Tip: Bereken eerst de totale weerstand in de schakeling.

Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	
Formule:	
Berekening:	
Antwoord + eenheid:	

Samenvatting parallelschakeling:

Een spanningsbron levert een constante spanning, en is gelijk over elke vertakking. De stroom verdeelt zich over de vertakkingen. Hoe de stroom zich verdeelt is afhankelijk van de weerstand van elke afzonderlijk lampje. De stroom in elke vertakking kun je uitrekenen door:

$$\text{stroom} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}}, \text{ in symbolen: } I = \frac{U}{R}$$

De stroom van de spanningsbron is afhankelijk van de totale weerstand van de schakeling. De totale weerstand in een parallelschakeling kun je berekenen door:

$$\frac{1}{\text{totale weerstand}} = \frac{1}{\text{weerstand 1}} + \frac{1}{\text{weerstand 2}} + \dots$$

$$\text{In symbolen: } \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ (denk hierbij aan } \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \dots)$$

vb. Stel je hebt een parallelschakeling met drie weerstanden.
Weerstand 1 = 20Ω. Weerstand 2 = 40Ω. Weerstand 3 = 60Ω.

$$\text{De totale weerstand: } \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{60} = 0,09167$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{0,09167} = 10,9\Omega$$

De totale weerstand in een parallelschakeling is altijd kleiner dan elke weerstand alleen.

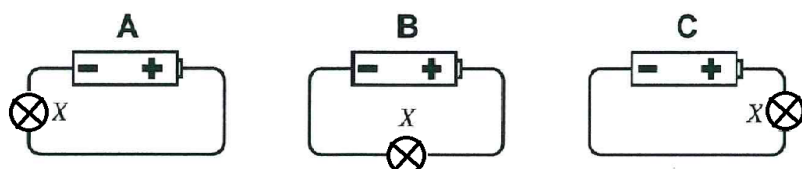
Hierbij kun je denken aan wanneer een hele klas door 1 deur naar buiten moet of door meerdere deuren naar buiten kan. Wanneer sta je sneller buiten?

Helderheid van de lampjes

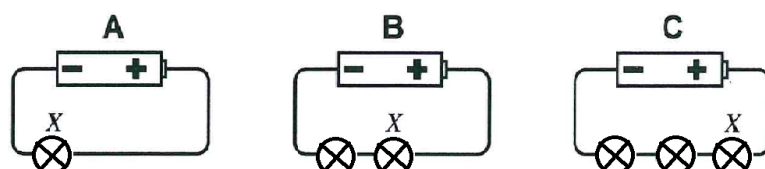
Zet in de onderstaande schakelingen in de juiste volgorde van het lampje dat het felste schijnt tot het lampje die het zwakste schijnt. Het lampje is aangegeven met de letter "X".

Alle lampjes hebben dezelfde weerstand en de draden hebben geen weerstand.

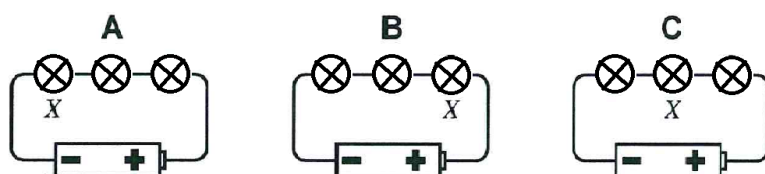
Zet een " = " tussen schakelingen waarbij het lampje even fel brandt.



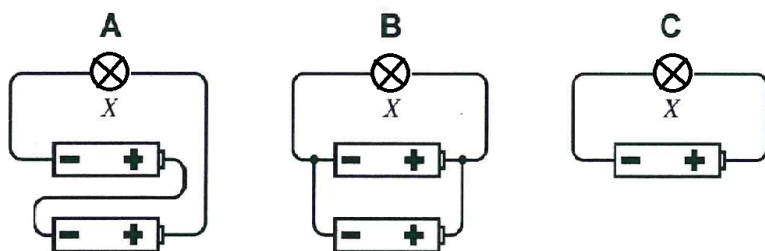
1. felste _____ zwakste _____ Hoe zeker ben je? (1 laag - 5 hoog)



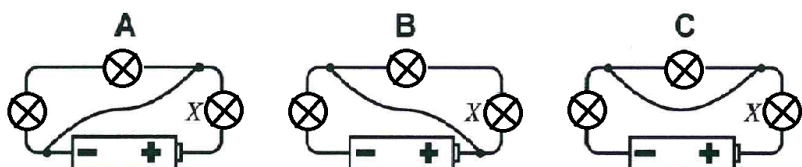
2. felste _____ zwakste _____ Hoe zeker ben je? (1 laag - 5 hoog)



3. felste _____ zwakste _____ Hoe zeker ben je? (1 laag - 5 hoog)



4. felste _____ zwakste _____ Hoe zeker ben je? (1 laag - 5 hoog)



5. felste _____ zwakste _____ Hoe zeker ben je? (1 laag - 5 hoog)

Geef een verklaring voor je redenering van situatie 1:

Geef een verklaring voor je redenering van situatie 2:

Geef een verklaring voor je redenering van situatie 3:

Geef een verklaring voor je redenering van situatie 4:

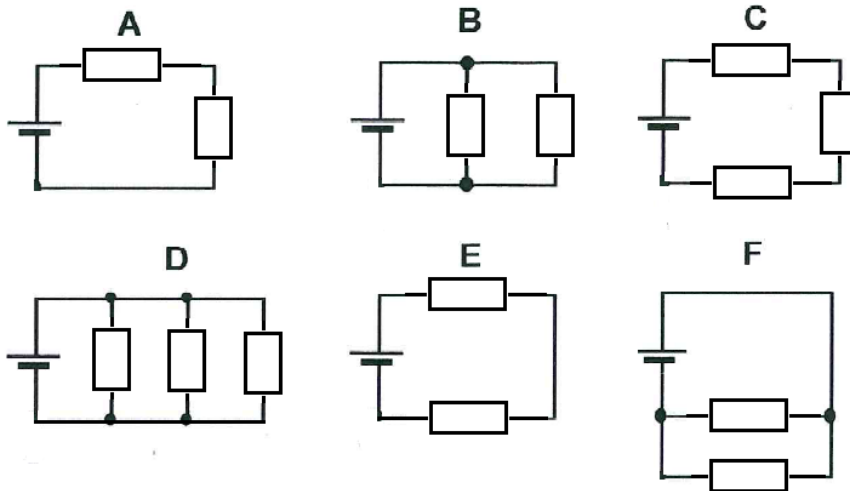
Geef een verklaring voor je redenering van situatie 5:

Zet in de goede volgorde “Vervangingsweerstand”

Alle weerstanden in onderstaande schakeling hebben dezelfde waarde. De spanningsbron levert 12V. De weerstand van de draden zijn te verwaarlozen.

Zet de onderstaande schakelingen in de juiste volgorde. De schakeling met de grootste vervangingsweerstand als eerste en de laagste vervangingsweerstand als laatste.

Zet een “ = ” tussen schakelingen waarbij het lampje even fel brandt.



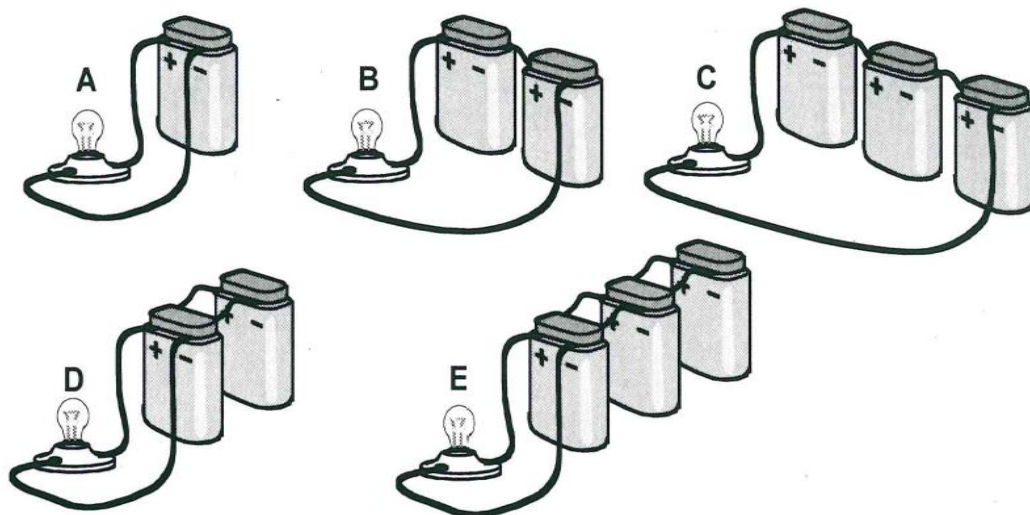
Grootste 1. ____ 2. ____ 3. ____ 4. ____ 5. ____ 6. ____ Laagste

Geef een verklaring voor je redenering.

Helderheid lampje

Alle batterijen zijn op verschillende manieren met het lampje geschakeld. Alle lampjes en batterijen zijn hetzelfde. Zet de lampjes in de juiste volgorde van felste naar zwakste.

Zet een " = " tussen schakelingen waarbij het lampje even fel brandt.



Felste _____ Zwakst

Geef een verklaring voor je volgorde.
