
Levende natuurkunde

Demonstraties en visualisaties met leerlingen als object

Er is een plotselinge roosterwijziging waardoor je in een gewoon lokaal terecht komt en er misschien zelfs in een andere en onbekende klas belandt. Wat kun je toch doen om natuurkunde te demonstreren en illustreren? Heel veel dus, hebben we gezien in de broekzakdemonstraties van Showdefysica (Frederik e.a., 2015). Je kunt tafels en stoelen gebruiken, gordijnen en ramen, en dan al die spullen uit de tassen van leerlingen zoals boeken, spiegels, en cosmetica. Maar je kunt ook de leerlingen zelf gebruiken als objecten in demonstraties. Dat kan zowel bij natuurkunde, bij scheikunde als biologie. Het kan als demonstratie van verschijnselen, maar ook als visualisatie in een rollenspel. De ideeën zijn niet nieuw maar worden in dit artikel nog eens op een rijtje gezet. Alle ideeën zijn in de loop van de jaren herhaaldelijk in allerlei klassen getest.

Leerlingen als object in natuurkundedemonstraties

In C06 *Zwaartepunten* kun je zien hoe leerlingen hun eigen zwaartepunt kunnen voelen en hoe hun lichaamshouding zich bij alle bewegingen automatisch corrigeert om het lichaam in evenwicht te houden. Dat is een rollenspel waarin we natuurkunde si muleren.

Visualisatie

Een van de grootste moeilijkheden in het leren en onderwijzen van exacte vakken is de visualisatie van abstracte concepten en theorieën. De Amerikaanse natuurkundedocent Scheider (1980) formuleerde 27 (in plaats van tien!) geboden voor lesgeven met onder andere:

- Thou shalt not teach words except as they help to build mental images in which knowledge and understanding reside.
- Until thine eyes are bleary and the midnight candle flickers shalt thou strive to devise visible analogs of abstract relations and of phenomena which cannot be directly observed, for it is by such analogs that the human mind gains insight into that which our senses cannot otherwise experience.

Scheider beweert zelfs dat kennis en begrip in de hersenen opgeslagen worden als beelden. Dat is helemaal niet zo gek. Het feit dat veel misconcepties en moeilijkheden met basisbegrippen in natuur- en scheikunde universeel zijn (Thijs & Van den Berg, 1995) ondersteunt dat idee. Einstein zei zelf dat hij in beelden dacht en pas taal gebruikte op het moment dat hij die beelden moest communiceren. Einstein's hersenen, bewaard voor de wetenschap, worden regelmatig tevoorschijn gehaald en met nieuwe technieken onderzocht. Daarbij bleek dat het gedeelte waarin visuele informatie wordt verwerkt, overontwikkeld was.

Overeenkomst en verschil tussen werkelijkheid en visualisatie

Rollenspelen geven gelegenheid om ruimtelijke relaties te visualiseren; die zijn erg belangrijk in de natuurwetenschap. Zoals bij elk model zijn er punten waar het model klopt en zijn er ook punten waar het model niet klopt. Het is belangrijk beide tijdens de les expliciet te maken in discussies met leerlingen. Bijvoorbeeld, de populaire atoom- en molecuulmodellen kunnen een goede ruimtelijke voorstelling geven, maar kunnen

leerlingen ook het idee geven dat atomen harde bolletjes zijn in plaats van vooral lege ruimte en dat bindingen stokjes zijn tussen atomen. Als er iets niet klopt in een model, dan is dat niet noodzakelijk negatief; het kan juist helpen het begrip aan te scherpen. Gelukkig is het verschil tussen model en werkelijkheid overduidelijk bij rollenspelen, ook leerlingen zijn verdacht op over-interpretatie.

Orde

Een rollenspel in de klas kan gemakkelijk degenereren tot gewoon iets leuks zonder conceptuele discussie, of erger in wanorde. Daar zijn praktische antwoorden op. Als één persoon voldoende is voor het rollenspel, dan kan de docent het zelf doen. Vaak werkt het goed om een klein groepje het rollenspel uit te laten voeren en dit te doen in voortdurende discussie met de klas. De klas kan ook aanwijzingen geven hoe iets wel of niet moet worden gespeeld, met conceptuele argumenten. Tenslotte zijn er toch situaties waarin je alle leerlingen zelf wilt laten ervaren hoe je begrippen moet vertalen naar het rollenspel. Ik heb vaak rollenspelen gedaan rond de beweging van planeten (figuur 1) en dan bleek het toch noodzakelijk voor het begrip om leerlingen zelf rollenspelen te laten doen in groepjes van 6 of 7 en met een lijst van conceptuele vragen/opdrachten (Van den Berg, 2000). Rondlopend als docent kun je dan meteen zien aan de uitvoering van het rollenspel wat wel en wat niet begrepen is. De vorm is dan eerst een globaal rollenspel met enkele leerlingen voor de klas om de basisvorm van het rollenspel te demonstreren (bijvoorbeeld de beweging van planeten rondom de zon). Vervolgens zet je groepjes aan de gang met het rollenspel en detailvragen. Je laat bijvoorbeeld zien waarom Venus alleen in de vroege ochtend of avond gezien kan worden terwijl de buitenplaneten ook om middernacht zichtbaar kunnen zijn, of hoe je de baan van Pluto visualiseert als die binnen de baan van Neptunus komt; dit wordt gespeeld in figuur 1.



Figuur 1. Rollenspel bewegingen van planeten uitgevoerd in een workshop voor docenten in de Filipijnen.



Figuur 2. Rollenspel elektrische schakelingen uitgevoerd met docenten in de Filipijnen.

Heen-en-weer denken tussen model en werkelijkheid kweekt begrip

Wetenschappers moeten voortdurend heen- en weer denken tussen hun theorieën en modellen en de werkelijkheid. In rollenspelen gebruiken we het rollenspel als model voor de werkelijkheid. Misschien is het wel een voordeel dat bij een rollenspel het model altijd zeer opvallende gebreken heeft. Dan zijn we allemaal, ook leerlingen, meer op onze qui-vive over wat er wel en wat er niet klopt in het rollenspelmodel. Dat heen-en-weer denken tussen een model met duidelijke tekortkomingen en de begrippen in de theorie is toch heel nuttig, zowel voor begrip als voor oefening in wetenschappelijk redeneren. We zullen dat met voorbeelden illustreren.

Teveel vertrouwen? Begrip altijd controleren!

Na die prachtige visualisaties en rollenspelen die we hebben bedacht en na een inspirerende uitvoering in de les, hebben alle leerlingen natuurlijk alles begrepen. Dat kan toch niet anders? Nou, nee dus! *The proof of the pudding is in the eating*. Altijd controleren dus. Even een paar leerlingen prikken met een conceptuele vraag, of toch de hele klas maar even aan een paar diagnostische vragen laten werken en rondlopen om te zien wat er wel en niet begrepen is. Bij begripsontwikkeling altijd de vinger aan de pols houden!

Voorbeeld 1: Golven

1. Rollenspel transversale golven: zet een stuk of 6 leerlingen op een rij voor de klas. Het zijn de deeltjes die getroffen worden door een golf. Leerling 1 doet een stap naar voren; dan nog een tweede stap terwijl leerling 2 nu ook een stap naar voren doet (meegetrokken); vervolgens doet leerling 1 een stap terug, leerling 2 neemt een tweede stap naar voren, leerling 3 een eerste stap; etc. Leg het even stil als docent en vraag wat de volgende stap moet zijn voor elk van de leerlingen. Uitvoeren. Leg het weer stil en vraag wat leerling 2 voelt wanneer leerling 1 naar voren stapt. Vraag verder naar het krachterspel. Mocht je een lang stuk kousenband elastiek bij je hebben, dan kan elk van de leerlingen dat vasthouden en rapporteren over de krachten die ze tijdens de stappen vooruit en achteruit voelen. Als je toevallig een slinky bij je hebt, dan kun je daarmee de transversale golf verder demonstreren.
2. Longitudinale golven: zelfde rij leerlingen, maar nu beweegt leerling 1 een stapje naar 2 toe, en zo voorts, en planten de verdichtingen en verdunningen zich voort.

Voorbeeld 2: Fase-overgangen

Een zestal leerlingen staat netjes in het gelid voor de klas in twee rijen van drie. De temperatuur is het absolute nulpunt. De docent geeft met de hoogte van de rechterhand de temperatuur aan (kan variëren door de hand op en neer te bewegen) en met de andere hand het smeltpunt (vast). Terwijl de hand die de temperatuur aanwijst omhoog gaat, gaan atomen steeds meer trillen maar rondom een vaste positie. Bij het smeltpunt wordt de vaste plaats verlaten. Nu bewegen de atomen door elkaar maar de aantrekkingskracht speelt nog steeds een rol. Bij het kookpunt is de onderlinge beweging zo wild dat de afstanden tussen atomen sterk toenemen en atomen elkaar verlaten. Vragen kunnen zijn:

- Kan er in een vaste stof verdamping plaatsvinden? Voorbeeld? Hoe doe je dat in dit rollenspel? Wat klopt er niet bij een rollenspel van sublimatie? (Als één van de 6 spelers wegloopt uit de vaste stof, dan is dat een zeer grove overschatting van het percentage atomen dat via sublimatie de vaste stof zou kunnen verlaten.)
- Vindt er verdamping plaats tussen smeltemperatuur en kooktemperatuur? Waar in de vloeistof vindt dat plaats? Overal?
- Wat is het verschil tussen die verdamping en koken? (Bij koken kan de afstand tussen atomen of moleculen diep in de vloeistof ook zeer sterk toenemen....bellen). Hoe kun je dat in het rollenspel tot uiting brengen?
- Wat voor volumeveranderingen vinden plaats als functie van temperatuur? Worden die in het rollenspel realistisch gespeeld?

Uiteraard zijn er nogal wat aspecten die niet kloppen. Het aantal deeltjes is erg klein in het rollenspel (enkele leerlingen), de vorm van de deeltjes (mensen) is niet bolsymmetrisch, alle interacties vinden in een 2-dimensionaal vlak plaats in plaats van

3-dimensionaal, botsingen van mensen zijn inelastisch en impulsoverdracht is onduidelijk en (gelukkig) zeker minder wild dan in werkelijkheid .

Het zal nuttig zijn om tijdens of na het rollenspel ook even een computersimulatie te laten zien van botsende deeltjes. De contrasten tussen verschillende modellen (rollenspel, computersimulatie, werkelijkheid, theorie) helpen om begrip aan te scherpen.

Voor de rollenspelen *Bewegingen in het zonnestelsel* staat een werkblad op de website, voor *Elektrische schakelingen* een complete uitwerking.

Zoek op www.nvon.nl/showdefysica2 naar demo Levende natuurkunde.

De demo COS *Zwaartepunten* staat is op de website te vinden met als zoekterm demo 09.

Deze demo is (samen met andere) eerder besproken in een artikel in *NVOX* (Van den Berg, 2007).

De rollenspelen *Golven* en *Fasenovergangen* zijn opgenomen in *Showdefysica* (2015), op p. 147 resp. 151.