

3.12 Demonstraties en simulaties

Lesmateriaal

Mini-demonstraties/visualisaties met een glas water

Ed van den Berg

Inleiding

Een van de belangrijkste doelen van natuurkundeonderwijs is dat leerlingen natuurkundige verschijnselen in hun omgeving leren herkennen en leren koppelen aan natuurkundebegrippen. Omgekeerd krijgen die begrippen alleen betekenis en kunnen die alleen begrepen worden door die koppeling met verschijnselen. Dit vereist dus verschijnselen in de les door middel van demonstraties, practicum en YouTube. Gelukkig geeft de natuurkunde heel veel mogelijkheden voor korte en snelle demonstraties die geen speciale apparatuur vereisen in soms minder dan twee minuten lestijd. Vandaar mini-demonstraties. Vrijwel elk voorwerp in een kaal klaslokaal met leerlingen en wat zij mee-brengen, kan gebruikt worden voor demonstraties en visualisaties van natuurkundebegrippen.

Eerst nog even voor alle volledigheid de didactische regels voor demonstraties:

- Zicht- en/of hoorbaarheid van de demonstratie.
- Een duidelijk leerdoel – ook als je hoofddoel entertainment zou zijn, dan moet het kenniselement toch duidelijk gearticuleerd worden.
- Rekening houden met typische leerlingdenkbeelden (misconcepties) en die productief gebruiken in het onderwijsleergesprek.
- Betrokkenheid, dus activerende didactiek zoals individueel voorspellen wat er gebeurt, of in tweetallen een verklaring zoeken, of een demonstratie kiezen die de leerlingen zelf als activiteit op de eigen tafel kunnen doen.
- Details en hoofdzaken scheiden of details simpel weglaten of pas na de hoofdboodschap bespreken voor de liefhebbers.

Je kunt je natuurlijk afvragen of dit soort demonstraties nog nodig zijn nu elk lokaal een beamer heeft en je de YouTube-filmpjes van demonstraties zo van het internet kan plukken. Maar het zelf ervaren van natuurkunde via demonstraties en practicum over verschijnselen uit het dagelijks leven is toch iets anders dan tv-kijken, en zowel YouTube-filmpjes als demonstraties hebben een eigen rol in het leerproces.

In dit artikel oefenen we de creativiteit door gewoon een object te nemen – een glas water – en te zien wat je daar allemaal mee kan doen. Met elk ander voorwerp kun je ook zo'n lijst maken, bijvoorbeeld met een liniaal, een ballon, een stoel, een boek.

Een glas water

Transparantie – Water is transparant, er kan licht doorheen, je kunt er doorheen kijken.

Vorm – Water – of algemener: een vloeistof – neemt de vorm van het glas aan.

Wateroppervlak – Bij verschillende standen van het glas blijft het wateroppervlak evenwijdig aan de vloer.

Adhesie – De aantrekkingskracht tussen twee verschillende stoffen, zoals water en glas, is te zien door de opstaande rand water tegen het glas.

Cohesie – Cohesie is de aantrekkingskracht tussen de moleculen van dezelfde stof: je kunt het glas hoger vullen dan de rand zonder dat het overloopt.

Cohesie wordt spectaculair door het glas tot de rand te vullen en dan de klas

te vragen hoeveel munten je nog kunt toevoegen zonder dat het water over de rand loopt. Dat blijken onverwacht veel munten te zijn. Die munten kun je natuurlijk gewoon lenen van leerlingen.

Hoogste punt – Een pingpongbal of stukjes kurk zoeken, drijvend op een convex of concaaf oppervlak, het hoogste punt op (figuur 1 en 2). En het water verdeelt zich zó dat het zwaartepunt zo laag mogelijk ligt (voorspelling vragen!).



Figuur 1 – Kurk op hol wateroppervlak.



Figuur 2 – Kurk op bol wateroppervlak.



Figuur 3 – Traagheid: het glas water verzet zich tegen versnelling (een ruk).

Wateroppervlak en snelheid – Het wateroppervlak gaat schuin staan wanneer je het glas versnelt, maar niet wanneer je het met constante snelheid beweegt.

Traagheid – Veeg de onderkant van het glas droog en zet het glas op een droog papier, trek het geheel langzaam naar de rand van de tafel en geef dan een ruk (figuur 3). Het glas blijft staan, het verzet zich tegen versnelling... traagheid.

Valversnelling meten – Maak een klein gaatje in een koffiebekertje: het water (of de koffie) druppelt er nu uit. Zoek de hoogte op waarbij een druppel net de vloer raakt op het moment dat de volgende druppel de beker verlaat. Meet die hoogte h . Meet ook de tijd die het kost voor tien druppels om te vallen. Deel door tien en bereken g met $g = 2 \cdot h / t^2$.

Drijven/zinken – Het is *niet* zo dat grotere/zwaardere voorwerpen altijd zinken en kleinere/ lichtere altijd drijven. Gebruik voorwerpen uit de tassen en etuis van leerlingen.

Sommige stoffen/voorwerpen zinken, maar je kunt ze buigen in een vorm die blijft drijven. Vraag bijvoorbeeld een leerling met kauwgom om dit even voor te doen.

Oppervlaktespanning – Er zijn voorwerpen die op hun kant zinken, maar plat op het water drijven (scheermesje, sommige munten). Nu wat druppels zeep toevoegen: wat gebeurt er met het scheermesje?

Oppervlaktespanning, Marangoni-effect – Knip een vierkantje papier van 3 x 3 cm. Knip het langs de diagonaal om een driehoek te krijgen en maak in het midden van de lange zijde een inkeping. Leg de driehoek op het water en laat een druppel zeep vallen achter de inkeping. De driehoek schiet naar voren. Natuurlijk is het beter een bakje met water te gebruiken in plaats van een drinkglas. Bij herhaling eerst goed omspoelen. Zie <http://physicsgirl.org/soapboat/>.

Luchtdruk en waterdruk – Zoek iets dat als plat deksel kan dienen, vul het glas, doe het deksel erop, en keer het om: het water blijft erin.

Luchtdruk en oppervlaktespanning – Iets minder bekend is dat een natte zakdoek ook als deksel kan dienen en dat het glas helemaal niet vol hoeft te zijn. Laat leerlingen een zakdoek ophouden, giet er wat water doorheen, bijvoorbeeld planten in het lokaal water geven. Dan de bovenkant van het glas afsluiten met de natte zakdoek, en omkeren: er komt een klein beetje water uit, en de rest blijft zitten. Verklaring: luchtdruk in glas + waterdruk = luchtdruk van buiten, aangevuld met oppervlaktespanning waardoor de zakdoek geen water meer doorlaat. Doordat er wat water uitgelekt is, is de luchtbel in het glas iets groter geworden en is de druk in de luchtbel kleiner dan de luchtdruk buiten het glas (figuur 4).

Optische breking – Loop rond met een potlood of pen in het glas, rechtop en onder een hoek... Misschien heb je toch een laserpointer in je broekzak en een druppel melk uit de tas van een leerling om een en ander toe te lichten?

Bevestig een munt onderin de koffiebekker van de leraar. Laat een leerling het hoofd zo positioneren dat hij/zij de munt net niet kan zien. Dan water in de beker



Figuur 4 – Een glas water met een zakdoek als deksel omkeren.



Figuur 5 – Vinger aan de voorkant.



Figuur 6 – Vinger aan de achterkant: het glas water functioneert als vergrootglas.

gieten en voilà: de munt komt tevoorschijn. Een effectievere uitvoering is als op elke leerlingtafel een bekertje staat en wordt gevuld, dus even een stel ondoorzichtige bekertjes uit de lerarenkamer meenemen. Leerlingen hebben zelf wel munten bij zich. Een glas kan ook, maar drapeer er dan even papier omheen zodat de zijkant ondoorzichtig wordt.

Volledige terugkaatsing – Vul een glas of doorzichtig plastic bekertje met water, of nog beter, zorg voor een aantal glazen verspreid door de klas. Laat leerlingen van onder tegen het wateroppervlak aankijken en leg iets kleurigs of interessants op de tafel aan de andere kant van het glas. Varieer de hoek tussen ogen en wateroppervlak en wanneer deze klein genoeg is (of de hoek van inval groot genoeg), dan treedt volledige terugkaatsing op en wordt de onderkant van het wateroppervlak een spiegel.

Vergrootglas – Steek je vinger in een rond glas water (figuur 5 en 6). Loop zijwendend de klas rond, terwijl je de vinger van voor naar achter en terug beweegt. Leerlingen zullen verbaasd zijn over die gezwollen vinger. Een goede uitleg met stralendiagrammen kan meer dan tien minuten in beslag nemen, tenzij je de uitleg als huiswerk geeft.

Lenswerking – Teken op een blad papier onder elkaar een stuk of zes pijlen die allemaal dezelfde kant op wijzen. Houd dit papier achter een glas water dat voor twee-derde gevuld is. Als het papier dicht bij het glas is (binnen de brandpuntsafstand), dan staan alle pijlen nog dezelfde kant op. Maar als de afstand glas-papier iets groter wordt, dan zie je door het water de pijlen omgekeerd en door de lucht boven het water niet omgekeerd. De leraar kan rondlopen met het glas, terwijl hij/zij steeds het papier met de pijlen naar het glas toe en van het glas af beweegt. Alternatief is het gebruik van een webcam of een glas water op elke leerlingtafel.

Breken – Je kunt een glas op sommige ondergronden laten vallen zonder dat het breekt, door krachten over het voorwerp te spreiden en de afstand waarover de remmende krachten werken te verlengen. Bijvoorbeeld glas op een kussen laten vallen of op een trui of een jas. Meer spectaculair (maar niet met een glas water): een ongekookt ei keihard in een handdoek of jas of de gordijnen gooien, het breekt niet!

Geluid, toonhoogte en waterniveau – Klop tegen het glas met een munt, giet wat water uit het glas en klop weer, enzovoort. De toonhoogte verandert.

Verdamping – Even de klas rond: laat elke leerling de vinger in het water dopen en die dan droog blazen... verdamping. Eventueel voortzetten met cosmetica uit de tassen van de meisjes zoals *nail polish remover* (aceton) dat sneller verdampt.

Condensatie – Adem tegen de buitenkant van het glas... er komt wat mist op het glas... gecondenseerd water. Laat het glas staan, en het verdwijnt vanzelf weer... verdamping.

Golven en terugkaatsing – Maak een golf in het glas met je vinger en zie de terugkaatsing. Voor een goede demonstratie heb je natuurlijk een overhead-projector nodig, en dat is geen broekzakapparaat.

Golven versus deeltjes – Het belangrijke verschil tussen golven en deeltjes waarover het in de kwantummechanica gaat is dat golven zich uitspreiden over de hele ruimte (maak een golf in een glas water om dat te laten zien) en dat deeltjes ruimtelijk juist een scherpe grens hebben (pak een willekeurig voorwerp). Er is dus inderdaad een grote tegenstelling tussen golven en klassieke deeltjes.

Lichte en donkere vlek – Pak een blad papier, maak het in het midden een beetje nat met water uit het glas. Houd het tegen de muur... we zien een donkere vlek. Houd het tegen het raam... we zien een lichte vlek. Het natte deel is een beetje transparant en laat licht door, en kaatst dus minder licht terug. Tegen de muur dus donker, tegen het raam licht.

Oplossen – Vindt iets in het lokaal of in de tassen van leerlingen dat je kunt oplossen in water. Daar kun je verschillende demonstraties over doen. Opgeloste suiker en zout worden onzichtbaar, inkt blijft zichtbaar.

Het kostte geen enkele moeite om tot zo'n dertig demonstraties en visualisaties

te komen. Het bekijken van wat demonstratieboeken zoals *Invitations to Science Inquiry* (Liem, 1987) zal tot nog meer demonstraties en visualisaties leiden met het glas water. Met heel eenvoudige voorwerpen kun je dus heel veel natuurkunde illustreren, zoals eerder beschreven voor bierflesjes (Logman & Van den Berg, 1995, 2015) en een liniaal (Ehrlig, 1994). Een kaal lokaal is geen excuus om geen demonstraties en visualisaties te doen.

Mini-demonstraties/visualisaties kosten bijna geen leestijd, maar dragen potentieel wel bij tot begrip en motivatie. Een groot voordeel van dit soort demonstraties is dat leerlingen dit thuis kunnen herhalen. Bij het avondeten kan de vraag “Wat heb je vandaag geleerd” beantwoord worden met “Kijk, ik pak dit glas water en...”.

Literatuur

Ehrlig, R. (1994). “Ruler physics”, thirty-four demonstrations using a plastic ruler.

American Journal of Physics 62(2), 111-120.

Liem, T.K. (1987). *Invitations to Science Inquiry*. Science Inquiry Enterprises.

Logman, P. & E. van den Berg (2015). Een kratje experimenten. In M. Offereins et al (Red.): *40 jaar NVON, Jubileumboek* (pp. 102-103). NVON. ISBN/EAN 978-90-8797-012-3. Oorspronkelijke publicatie in *NVOX*, 1995, 322-323.