

# Practica bij de valbeweging

Een experiment waarin de zwaartekrachtsversnelling centraal staat komt in bijna ieder jaar wel terug. Ik beschrijf hoe onderzoek naar de bijbehorende beweging zich kan ontwikkelen, startend met een kwalitatief demoproef en eindigend met het vaststellen van het vierde significante cijfer van  $g$ . Met het verschuiven van de jaren, schuift het leerdoel mee.

Als ik naar mijn dochter kijk die leert lopen – valt en weer opstaat – dan zie ik dat er al vrij vroeg enig begrip van zwaartekracht moet zijn. De valbeweging – waar zij dus al vertrouwd mee raakt – staat ook centraal in diverse natuurkundelessen. In de onderbouw komt een basisbegrip van zwaartekracht aan de orde. In de bovenbouw wordt dat begrip uitgebreid tot aan objecten die om de aarde heen cirkelen. Het aardige daarbij is dat door een sterker begrip van die theoretische kennis, er een verschuiving kan plaatsvinden in de focus bij experimenten: van conceptuele begripsontwikkeling tot leren onderzoeken.

## De tweede klas

In de tweede klas heb ik de volgende zin vaak uitgesproken: ‘Alle objecten die in de buurt

**FREEK POLS** was tien jaar lang natuurkundedocent aan het ISW 's-Gravenzande. Momenteel is hij werkzaam als practicumcoördinator bij de opleiding Technische Natuurkunde aan de TU Delft. Hij is in zijn afrondende fase van zijn onderzoek naar practicumdidactiek. c.f.j.pols@tudelft.nl

van de aarde naar het centrum van de aarde toe vallen, zullen dezelfde versnelling ondervinden als de wrijving te verwaarlozen is.’ Om de inhoud van die complexe zin tastbaarder te maken voor de leerlingen, maakte ik daarna in simpelere bewoordingen duidelijk wat ik daar precies mee bedoelde. Die uitleg ging altijd gepaard met de demoproef van een veer en kogeltje in een buis, zie figuur 1. Eerst liet ik zien dat het kogeltje naar beneden roetsjt en de veer naar beneden dwarrelt. Maar als we de buis vacuüm trekken, dan vallen de kogel en de veer even snel naar beneden. Daarmee is kwalitatief aangetoond dat de voorwerpen inderdaad dezelfde versnelling ondervinden. Het experiment dient ter bevordering van de ontwikkeling van conceptuele kennis.

## De derde klas

In de derde klas kun je als experiment lukraak voorwerpen laten vallen. Alle voorwerpen vallen naar de aarde toe... De vraag is dan ‘wat leren we hiervan?’ Het laten vallen van voorwerpen komt redelijk overeen met het verhaal van Newton. Hij zou op het idee van zwaartekracht en de beweging van planeten zijn gekomen doordat er een appel op zijn hoofd viel. Maar is dat waarschijnlijk of moeten we dat verhaal afdoen als een fabel? Dat bespreken past goed bij de ideeën van Nijhuis (2021): ‘Wetenschapsgeschiedenis herinnert ons aan de uitdagingen die gepaard gaan met het bewijzen van ideeën die nu zo vanzelfsprekend lijken.’

Om uitspraken van leerlingen te ontlocken, kunnen conceptcartoons, zoals in figuur 2 ingezet worden (Berg, 2015). Leerlingen zullen inzien dat er nog een behoorlijk proces zit tussen het doen van een observatie en daaruit een algemene theorie afleiden, zie figuur 3. Dit ‘experiment’ staat dan in het teken van kennisonwikkeling van de aard van wetenschap (Nature of Science) en het bevorderen van wetenschappelijke geletterdheid, de algemene natuurwetenschappelijke kennis die het grote publiek nodig heeft (Osborne, 2000).



Figuur 1. In de onderbouw wordt een kwalitatieve demoproef gedaan.



Figuur 2. Welk uitspraak van Newton is waarschijnlijker?

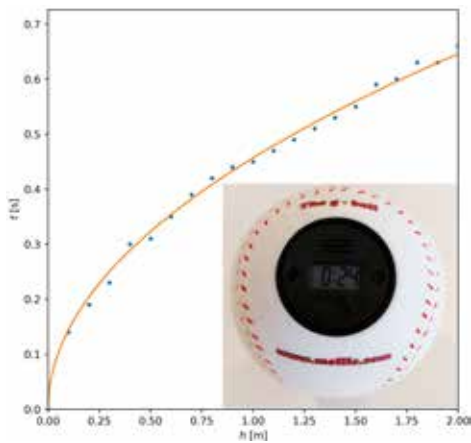
Onder wetenschappelijk geletterdheid valt onder andere begrip over hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt.

## Klas 4

In de vierde klas kunnen leerlingen aan de slag met een zogenaamde G-bal, zie figuur 4. Dat is een bal met ingebouwde stopwatch die start als je deze loslaat. Leerlingen laten de bal van verschillende hoogtes los en verkrijgen zo een  $(s,t)$ -diagram. Het experiment is ter ondersteuning van het begrip van de eenparig



**Figuur 3.** Wetenschappers doen heel andere uitspraken bij een nieuwe ontdekking.

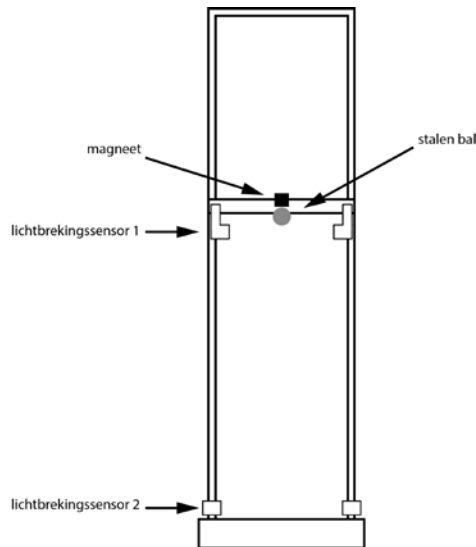


**Figuur 4.** Je kunt de timer van een G-bal of een opname van de bal gebruiken voor een kwantitatieve onderzoek naar  $g$ .

versnelde beweging. Een interessante uitbreiding van het experiment is via een (computer)-model de andere kant opwerken: Hoe groot zal de afgelegde weg zijn na  $t$  seconde, ervan uitgaande dat de zwaartekrachtsversnelling  $9.81 \text{ m/s}^2$  is. Het experiment dient dan als verificatie van het natuurkundige model.

### Klas 5

Een iets andere insteek is het filmen van de valbeweging en daarna een videoanalyse uit te laten voeren. Net als bij het G-bal experiment krijg je een  $(s,t)$ -diagram. Het experiment dient hier met name om kennis te maken met



**Figuur 5.** Schematische weergave van de opstelling voor het nauwkeurig bepalen van  $g$ .

een nieuwe meettechnieken (videometen). Eventueel kunnen de data uit het voorgaande jaar gebruikt worden om de voor- en nadelen van de gebruikte methoden te bespreken. Zo komt *leren onderzoeken* aan bod, waarbij leerlingen evalueren wat de kwaliteit van de gebruikte methode is.

### Klas 6

Een variant op de G-bal is de vallende hamer aan een ballon. Met behulp van een akoestische chronometer in de app Phyphox, kan vrij nauwkeurig de valversnelling bepaald worden. De timer start bij de knal van het doorprikken van de ballon en stopt als de hamer de vloer raakt. Dit experiment leent zich goed voor de introductie van meetnauwkeurigheid: moet voor een betrouwbare en nauwkeurige meting, de valhoogte dan groot zijn of niet? En waarom? Maakt het uit waar de telefoon gehouden wordt, en waarom wel/niet? Het meest interessant is, om na een uitgebreide discussie over deze aspecten, de metingen uit te voeren en de onzekerheid door te rekenen. Daar is op vwo-niveau materiaal voor te vinden in bijvoorbeeld de nlt-module 'Meten en Interpretieren'. Het experiment geeft vaak een mooi resultaat:  $9.8 \pm 0.3 \text{ m/s}^2$ .

### Het eerstejaars practicum

In het eerstejaarspracticum op de TU Delft krijgen de studenten de opdracht om het vierde significante cijfer van  $g$  te bepalen, en dat binnen een foutmarge van 0.1% van de bekende waarde in Delft:  $9.812 \text{ m/s}^2$ . Het enige dat de studenten verder aan voorschrift krijgen is de basisformule:  $y = v_0 t + 1/2 g t^2$



**Figuur 6.** De valtijd geregistreerd door breakbeam-sensoren, een combinatie van een IR-led en fotodiode.

en de opstelling van figuur 5. De valtijd wordt bepaald door gebruik te maken van twee breakbeam-sensoren, zie figuur 6. De studenten moeten de range en het interval kiezen, bedenken hoe vaak ze metingen herhalen, welke aannames er zijn (wrijving is verwaarloosbaar), hoe ze de valhoogte nauwkeurig kunnen bepalen et cetera. Met andere woorden, het leerdoel is *leren onderzoeken*. Uiteraard lukt het niet alle studenten deze nauwkeurigheid te bereiken. Maar doordat de studenten willen weten wat ze anders hadden kunnen doen, ontstaan mooie discussies over onderzoek-aspecten en met name de keuzes die zij hebben gemaakt bij het ontwerpen van de meetmethode.

### Conclusie

De valbeweging komt veelvuldig terug in het curriculum. Omdat er bij leerlingen een steeds beter begrip is van het concept, kunnen we de bijbehorende experimenten anders ontwerpen: De conceptuele kennis staat niet in de weg wanneer we andere leerdoelen nastreven. Het leerdoel van het experiment beweegt mee met de kennis van de leerling, waardoor onderzoek naar de valbeweging uitdagend blijft. ●

### BRONNEN

- Berg, E. v.d., Kruit, P., Veen, A. v.d. (2015). Concept-cartoons als opstap naar onderzoek. *NVOX*, 40 (2).
- Nijhuis, M. (2021). Natuurkunde is niet vanzelfsprekend. *NVOX*, 46 (7)
- Osborne, J. (2000). Science for citizenship. *Good practice in science teaching: What research has to say*, 225-240