

Meetonzekerheid in een practicum

Introductie

In de vierde klas van HAVO/VWO is het eerste hoofdstuk vaak gerelateerd aan significante cijfers, meetonzekerheid, het uitvoeren van practica en het doen van onderzoek. Leerlingen vinden deze onderwerpen vaak lastig. Het begin van de natuurkunde in de bovenbouw lijkt voor hen weinig verbinding te hebben met de natuurkunde in de onderbouw en is wellicht een beetje saai.

Door de docent worden de verschillende facetten van onderzoek uitvoeren, zoals het herhalen van een meting, vaak gezien als vanzelfsprekend en daardoor is het lastig om over te brengen. Hoe laat je leerlingen op een eenvoudige manier inzien dat een meting herhaald moet worden, dat in de wetenschap dezelfde proef uitgevoerd wordt door verschillende instellingen en dat je de waarden die je krijgt zo moet noteren dat ze automatisch iets zeggen over de zekerheid van je metingen? In onderstaande tekst volgt een leerling practicum met bijbehorende didactiek waarmee je de diverse onderwerpen kunt behandelen¹. Het practicum leent zich ook uitstekend voor hogere klassen waarin andere leerdoelen gesteld kunnen worden. Het practicum is eerder beschreven door de Schotse Natuurkunde docent Stuart Farmer² en is aangepast aan het Nederlands onderwijs, waarbij een bijbehorende didactische werkwijze is ontwikkeld.

¹ Voor de volledigheid is het originele NVOX artikel en het bijbehorende practicumbeschrijving gegeven. Bovenstaande beschrijving is uitgebreider dan gegeven in de NVOX.

² Farmer, S. Real graphs from real data: measurement and uncertainty, School Science Review September 2012

De uitvoering

Bij dit practicum rolt een knikker over een helling in een omgekeerd plastic bekertje, zie foto 1. In het plastic bekertje zit een gat waar de knikker doorheen rolt. Als de knikker de achterkant van het bekertje raakt, schuift het bekertje over de ondergrond (een a4-tje met assenkruis) heen. Waar de beker stopt zet je een streepje, zie foto 2. Je herhaalt dit deel van de proef vijf keer waarbij je er voor zorgt dat het bekertje steeds op dezelfde plaats begint en je de knikker steeds van dezelfde hoogte los laat.

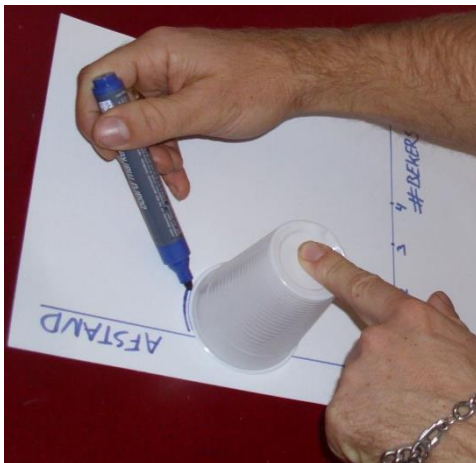


Foto 2 waar de beker stopt, zet je een streep

Daarna verschuif je het bekertje naar rechts en plaatst er een tweede bekertje bovenop. Je laat de knikker weer van dezelfde hoogte los en zet een streep waar de twee bekertjes terecht komen. Ook dit doe je weer vijf keer. Dan verschuif je de twee bekertjes weer naar rechts, plaatst er een derde bovenop, en doet de metingen weer, zie foto 3. Zo doe je dat ook bij vier bekertjes.

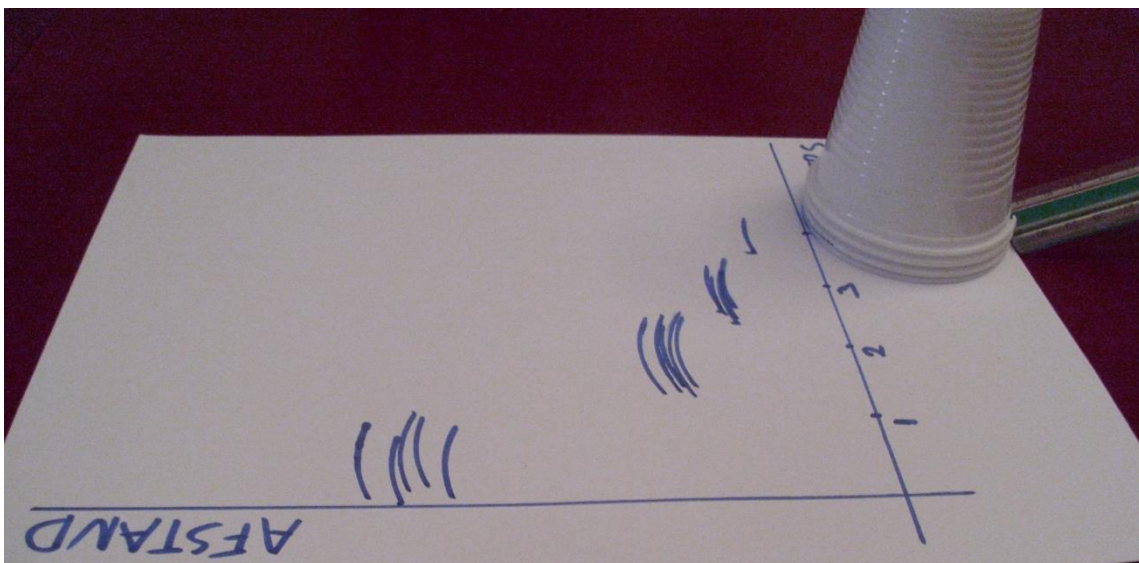


Foto 3 het resultaat bij meerdere metingen

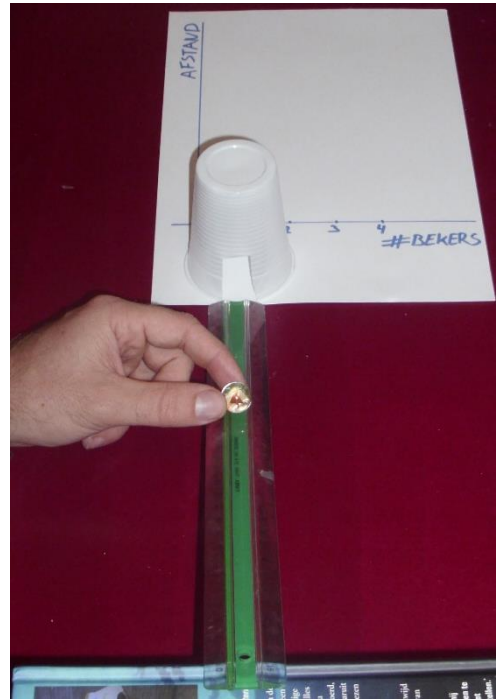


Foto 1 de basisopstelling

Didactische bespreek mogelijkheden

Er zijn diverse insteken mogelijk om een discussie aan te gaan met leerlingen, hieronder een paar uitgewerkt.

Herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid

De proef laat duidelijk zien dat de bekertjes elke keer een andere afstand afleggen. Je kunt een schatting geven van de te verwachten positie van de beker. Je kunt voorspelen wat de minimale en maximale afstand is die het bekertje af legt. Maar zelfs dit is zelf niet helemaal zeker! Er zijn factoren die een rol spelen waar je geen invloed op hebt. Je moet dus metingen herhalen om een gemiddelde te kunnen berekenen.

Iedereen in de klas heeft de proef gedaan. Er is dus sprake van reproductie: de andere leerlingen zullen waarschijnlijk eenzelfde conclusie stellen op de gestelde onderzoeksvraag. Ook dit kan verder besproken worden: wat is de relevantie hiervan in de natuurkunde of de wetenschap in brede zin? Als voorbeeld kan de oproep van het CERN om de proef over de snelheid van neutrino's te reproduceren gegeven worden of het herhalen van de vele sociologische experimenten.

Meetonzekerheid bepalen

Een van de vragen die je als docent kunt stellen is: Wat is de afgelegde weg van één bekertje? En hoe groot is de meetonzekerheid? Een vervolgvraag zou kunnen zijn: Wat gebeurt er met de meetonzekerheid als je meerdere bekertjes gebruikt? Leerlingen zullen zien dat de metingen dichterbij elkaar liggen en dat de meetonzekerheid kleiner wordt. We praten hier echter over de absolute meetonzekerheid. Een afwijking van een halve millimeter op een afgelegde afstand van 2,0 cm is even groot als een afwijking van vijf centimeter op een afgelegde afstand van 20 cm! Bij deze proef blijft de relatieve meetonzekerheid ongeveer even groot (circa 15%).

Meerdere verbanden

De verkregen grafiek laat een omgekeerd evenredig verband zien. Dit is logisch door te stellen dat $\Delta E_{kin} = W$. Doordat de kinetische energie van de knikker steeds gelijk is en de wrijvingskracht recht evenredig is met de normaal kracht ontstaat er een omgekeerd evenredig verband tussen het aantal bekertjes en de afgelegde weg. In de vierde klas kan dit prima kwalitatief behandeld worden maar voor een verdere analyse is dit meer geschikt voor een hogere klas.

Omdat niet beschreven is op welke hoogte de knikker moet starten of welke knikker gebruikt moet worden (ik heb er met verschillende massa), zullen er onderling verschillen zijn tussen de metingen. Deze verschillen kunnen besproken worden. Met voldoende metingen kan er zelf iets gezegd worden over de relatie tussen de massa van de knikker en de afgelegde weg, of de hoogte waarvan de knikker is los gelaten en de afgelegde weg.

Onderzoeksvragen

Het practicum leent zich uitstekend voor een belangrijk aspect van onderzoek doen: het stellen van nieuwe onderzoeksvragen. Met leerlingen zou goed besproken kunnen worden wat ze nog meer zouden willen onderzoeken met deze proef. Er zijn tal van mogelijkheden: zwaardere knikkers, andere ondergrond, andere bekertjes, andere helling etc.

Voordelen

Uit de literatuur volgt dat practica vaak maar een geringe opbrengst hebben maar wel veel vragen qua kosten, tijd en begeleiding³. Redenen hiervoor zijn o.a. dat er meerdere doelen gesteld worden, er met onbekend meetapparatuur wordt gewerkt, en dat het practicum niet verbonden wordt met wat er in de les gedaan wordt⁴.

Dit practicum voldoet veelal aan de eisen die vanuit de literatuur gesteld worden. Het materiaal is meestal voorradig of goedkoop in aanschaf (en herbruikbaar bij andere practica) en eenvoudig in gebruik. Leerlingen hoeven niet van te voren te oefenen met het materiaal. Er is geen vertaalslag nodig van verzamelde data in een tabel naar een grafiek. Wat de grafiek inhoudt, is meteen bekend. Deze vertaal slag wordt vaak als moeilijk ervaren⁵. De resultaten kunnen in latere lessen erbij gepakt worden, bijvoorbeeld om een onderzoeksvraag op te stellen of de relatieve meetonzekerheid te bepalen. Als docent hoef je enkel een centraal doel te stellen en de focus op dat doel te leggen.

³ Zie bijvoorbeeld: Abrahams, I. & Millar, R. Does practical work really work? A study of effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science, *International Journal of Science Education* 2008 (30)

⁴ Zie bijvoorbeeld: Berg, E. v.d. The PCK of laboratory teaching: turning manipulation of equipment into manipulation of ideas, *Scientia in Education* 2013 (2)

⁵ Zie bijvoorbeeld: McDermott, L.C. Students difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics* 1987 (55.6)