

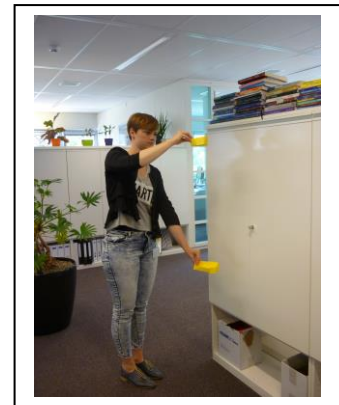
Practicum Vallende bakjes

Onderwerp: Natuurkunde is modellen maken

Algemene beschrijving

Beschrijving

Wanneer bladeren van bomen vallen of wanneer een vel papier valt, dan gebeurt dat op een tamelijk onvoorspelbare manier. Het boomblad of papier zigzagt naar de grond en het is moeilijk te voorspellen wanneer en waar het zal landen. Maar wanneer we de randen van het papier omvouden, dan wordt de beweging ineens redelijk voorspelbaar. Het papieren bakje beweegt langzaam en regelmatig naar de grond. Dit is zeker geen vrije val, luchtwrijving speelt een grote rol. Hoe kunnen we deze beweging wiskundig beschrijven in een model? Wat is de invloed van factoren als oppervlakte en massa van het bakje? Hoe kunnen we ons model experimenteel toetsen zelfs zonder een stopwatch? Hoewel deze activiteit met simpele middelen wordt uitgevoerd, illustreert ze precies wat fysisch model-denken is.



N.B. Bij deze versie van de activiteit gaat het om simpel model-denken met simpele middelen en beperkte tijd. De activiteit kan uitgevoerd worden als interactieve demonstratie door de docent of als een practicum van één les. Er is ook een “sophisticated” versie die een veel accurater model oplevert m.b.v. videometen. Dat is een mogelijke PO opdracht voor 5 vwo. Zie de verwijzing naar Wooning, Mooldijk en van der Valk (2003).

Voorkennis

- Beginnerskennis van begrippen als tijd (t), hoogte (h), massa (m), oppervlak (A) en snelheid (v)

Leerdoelen inhoud

- Natuurkunde is modellen maken.
- Wat zijn modellen en hoe worden die door natuurkundigen gebruikt om te voorspellen?
- Welke factoren beïnvloeden de valtijd van papieren bakjes? Hoe kom je tot een simpele maar misschien nog niet perfecte formule?
- Onafhankelijke en afhankelijke variabelen.

Leerdoelen vaardigheid

- Model-denken
- Handig experimenteren zonder apparatuur

Benodigdheden

- Gekleurd A4 papier van 160 g/m^2 (dus iets dikker dan normaal A4), druk daarop van tevoren rechthoeken met de gewenste oppervlakten A, $\frac{1}{2}$ A, $\frac{1}{4}$ A af. Zie een sjabloon in de bijlage.
- Schaar
- Nietapparaat met nietjes (eventueel gedeeld tussen groepjes)

- Meetlint
- Enkele voorbeeld bakjes
- Bij 1 beschikbaar lesuur: bakjes van tevoren al in elkaar te nieten en massa en oppervlak erop aangeven.

Klassikale introductie van het practicum

Docent laat wat voorwerpen vallen; een steen, een munt, een blad papier en daarna een papieren bakje. Het papier dwarrelt maar het bakje lijkt heel voorspelbaar te bewegen. Laten we eens kijken naar de tijd t die nodig is om van een bepaalde hoogte h de vloer te bereiken.

Uitvoering/verwerking voor een 45-50 minuten les

1. Klassikale introductie (zie boven).
2. Klassikaal: maak met de klas een lijstje van factoren die mogelijk invloed hebben op de valtijd en vertaal die samen met de klas in een formule. Geef aan dat we gaan onderzoeken wat de invloed is van oppervlak A , hoogte h en massa m op de valtijd t . Bijvoorbeeld: bij een grotere A , wordt t dan groter of kleiner? En m ? En h ? Als we t schrijven als $t = \frac{\dots}{\dots}$ komt A dan boven of onder de deelstreep? En m ? Dat wordt een eerste ruwe benadering van de formule, wie weet moet er A^2 staan i.p.v. A
3. Leerlingactiviteit: In groepjes van 3 onderzoeken leerlingen effecten van factoren als hoogte, oppervlak en massa. Let op dat ze óf massa, óf oppervlak constant houden. Indelen in groepjes die het effect van oppervlak A onderzoeken en groepjes die massa m onderzoeken.
4. Eventuele klassikale interventie halverwege de metingen: zorg dat je of A of m constant houdt en de ander varieert.
5. Het whiteboard verdelen in 3 vlakken met links een tekening van de opzet van de meting, in het midden een tabel met resultaten en rechts de conclusie en resulterende formule.
6. Nabespreking van resultaten die uitkomt op de conclusie dat t evenredig is met A of \sqrt{A} en omgekeerd evenredig met \sqrt{m} . Maar preciezer meten zou nog tot verdere aanpassingen kunnen leiden. Verder communiceren dat natuurkundig onderzoek vaak op deze intuïtieve manier begint en dat de volgende stap is om theorie te gebruiken om mogelijke verbanden in formulevorm te voorspellen (hieruit zal blijken dat t evenredig is met \sqrt{A} en omgekeerd evenredig met \sqrt{m}).

Uitvoering/verwerking voor een dubbel lesuur

1. Klassikale introductie (zie boven).
2. In groepjes van 3: korte 5-minuten brainstorm over welke factoren invloed hebben op de valtijd t en proberen dat in formulevorm te schrijven.
3. Klassikaal: discussie van voorstellen van de groepjes.
4. In groepjes van 3: (eventueel eerst nog benodigde bakjes in elkaar nieten) leerlingen onderzoeken of het verband van t met A , of het verband van t met m . Hun whiteboard bevat links een tekening van de opzet van de meting, in het midden een tabel met resultaten en rechts de conclusie en resulterende formule.
5. Klassikale interventie halverwege de metingen of eerder: even zeker zijn dat leerlingen de juiste variabelen constant houden en de hoogte h handig instellen.
6. In groepjes: doorgaan met onderzoek. Als ze tijd hebben eventueel de andere variabele ook onderzoeken (A of m).
7. Klassikaal: Discussie aan de hand van de whiteboards met twee zaken om te benadrukken:
 - a. t is waarschijnlijk evenredig met A of \sqrt{A} en waarschijnlijk omgekeerd evenredig met \sqrt{m} . Preciezere metingen zouden tot verdere aanpassingen kunnen leiden.

- b. Veel natuurkundig onderzoek start op deze intuïtieve manier, maar als we theoretisch al wat meer weten, dan kunnen we ook formules afleiden en die vervolgens experimenteel toetsen.
8. Eventueel: discussie over het afleiden van het verband met behulp van formules. Hieruit zal blijken dat t evenredig is met \sqrt{A} en omgekeerd evenredig met \sqrt{m} .

Tips

- Het kan efficiënt zijn om groepjes verschillende onderzoekstaken te geven of te laten kiezen. Enkele groepjes onderzoeken dan de invloed van hoogte h , andere groepjes die van oppervlak A , of van massa m .
- Gebruik steeds $\frac{1}{2} A4$ en knip eventueel stukjes af die je in het bakje doet om m constant te houden. Gebruik ook de voorgetekende A4 (bijlage) voor handige afmetingen.
- Vergelijk de valtijd van een bakje met oppervlak A , massa m van hoogte h vergeleken met $2A$, m van $\frac{1}{2} h$. Als $t \propto A$, dan komen de bakjes tegelijk aan.
- Vergelijk de valtijd van een bakje met A , m van $\frac{1}{2} h$ met A , $2m$ van h . Als $t \propto 1/m$ dan komen de bakjes tegelijk aan. Maar hoe toets je of $t \propto 1/\sqrt{m}$?

Organisatie

- Zie uitvoering met klassikale intro, taak 1, klassikale bespreking, taak 2, klassikale nabespreking.
- Leerlingen werken in groepjes van 3, eventueel met een deeltaak (zie tips).
- Alternatief 1: uitvoeren als interactieve docent demonstratie met korte groepjes discussies.
- Alternatief 2: de gevraagde verbanden onderzoeken door gebruik te maken van een stopwatch. De leerlingen die wat meer uitdaging willen, kunnen dan de opdracht krijgen om de verbanden zonder stopwatch te onderzoeken.

Inhoud kringgesprek

- Bespreek achtereenvolgens de resultaten van leerlingen over de invloed van h , A , en m met behulp van de tabellen op de whiteboards.
- Bespreek technische probleempjes voor zover relevant (vaardigheidsaspecten).
- Kloppen onze conclusies of zou het toch ingewikkelder kunnen zijn?
- Afhankelijke en onafhankelijke variabelen.
- Wat is natuurkunde? Wat hebben we gedaan? Waar is dit nuttig voor?

Literatuur

E. Rogers (1960). Physics for the Inquiring Mind. Princeton University Press, p167.

Wooning, J., Mooldijk, A. & van der Valk, T., (2003) Tophoek en snelheid van vallende kegels, <https://natuurkundedidactiek.nl/wp-content/uploads/sites/224/2017/03/hbnd-w-05-03-LSM-4-dhl-mini-pws-vallende-kegels.pdf> Hier is hetzelfde verschijnsel gebruikt voor een uitgebreide 5 vwo onderzoeksopdracht (PO) van ongeveer 10 slu. Er is een grondige fysisch-mathematische beschrijving.

BIJLAGE

Oppervlak: $\frac{1}{2} A$

Oppervlak: $\frac{1}{2} A$

Oppervlak: A

