



# Vallende bakjes en de luchtweerstand

Keuzeopdracht natuurkunde voor bovenbouw vwo

## Een verdiepende opdracht over kracht en beweging

**Voorkennis: kracht en versnelde beweging**

**Omvang: 8 SLU**

© 2013 Universiteit Utrecht: Junior College Utrecht

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 een A4'tje omvouwen, dan wordt de beweging ineens redelijk voorspelbaar. Het papieren bakje beweegt langzaam en regelmatig naar de grond. Dit is zeker geen vrije val, luchtweerstand 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 stopwatch? Hoewel deze activiteit met simpele middelen wordt uitgevoerd, illustreert ze precies wat fysisch model denken is.

### Oriëntatie

Laten we even proberen in zien of we een formule kunnen maken voor de valtijd  $t$  van een bakje dat van een hoogte  $h$  valt.

Hoe groter de hoogte, hoe langer het zal duren voordat het bakje op de grond is. Dus  $t \sim h$  ( $\sim$ betekent evenredig, dus  $t = \text{constante} \times h$ ).

We verwachten ook dat de oppervlakte  $A$  van het bakje een rol speelt. Een bakje met een grotere oppervlakte zal meer luchtweerstand ondervinden en dus langzamer vallen. Dus  $t \sim A$ .

Tenslotte vermoeden we dat een grotere massa leidt tot sneller vallen. Dus  $t \sim 1/m$ .

Als we deze resultaten combineren, dan krijgen we:

$$t = \frac{k \cdot A \cdot h}{m}$$

- Met
- $t$ : valtijd van het bakje
  - $k$ : constante
  - $A$ : oppervlakte van het bakje
  - $h$ : valhoogte
  - $m$ : massa van het bakje

Nu hebben we een eenvoudige formule, misschien te eenvoudig. Wie weet hadden we  $A^2$  moeten nemen of  $\sqrt{A}$ , of nog een andere functie van  $A$ . De formule die we nu hebben, voorspelt dat een twee keer zo groot bakje ( $2A$ ) bij gelijke massa en hoogte, een 2x zo grote valtijd heeft. Dat kunnen we toetsen in een experiment. Op soortgelijke wijze zien we dat een bakje met massa  $2m$  maar gelijke  $A$  en  $h$ , 2x zo snel moet vallen. Is dat zo?

### Vraag 1. Model experimenteel testen

Toets door middel van experimenten of het model (de formule) klopt door verschillende oppervlakten, massa's en valhoogten te vergelijken. Het blijkt mogelijk te zijn dat zonder stopwatch te doen. We substitueren creativiteit en slimheid voor apparatuur! Indien nodig, verbeter de formule.

### Vraag 2. De theorie achter het model

Probeer je verbeterde formule theoretisch te onderbouwen met formules uit de mechanica. Kom je er niet uit? Vraag aan je docent de "uitleg achteraf".

## Vervolg onderzoek

### **Vraag 3. Verder onderzoek**

---

In plaats van een bakje kun je ook de val van een papieren kegel onderzoeken. Zie daarvoor de opdracht "Vallende kegel" op [www.fisme.uu.nl/bps/](http://www.fisme.uu.nl/bps/) onder lesmateriaal en mini profielwerkstuk.

---

### **Vraag 4. Het vallend bakje modelleren op de computer**

---

Heb je leren modelleren met de computer? Pas dat dan toe op het vallende bakje!

---

## Afronding

Maak een product waarmee je je docent en medeleerlingen kunt laten zien wat je geleerd hebt van deze keuzeopdracht. Zo'n product kan een poster zijn waarop je de beweging van de vallende bakjes uitlegt, een tekening of model van je eigen ontwerp, of een uitwerking van een opfrisopgave. Maar iets anders mag ook.

Bedenk met elkaar een vraag die een medeleerling moet kunnen beantwoorden als hij/zij jullie product heeft bestudeerd. Welk(e) antwoord(en) zouden jullie op deze vraag willen krijgen?