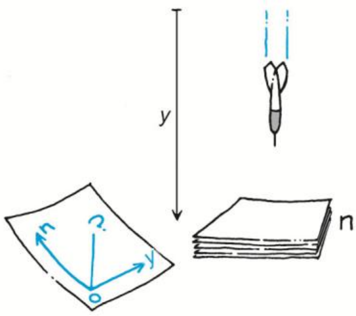
OuNa 13 Inslagen

Ruud Brouwer, Don Bosco College te Volendam

In Stevin staat in het hoofdstuk *Energie en arbeid* de proef *priemgetallen*. Wie deze proef ooit als practicum heeft laten doen of als opdracht voor een extra punt voor thuis heeft meegegeven, weet dat voor leerlingen het verklaren van de metingen niet simpel is. Want alleen als F_{rem} constant is, geldt: $n \sim y$.

In deze Ouna een paar proeven over inslagen, te beginnen met een moderne versie van de beroemde kleibakproef van 's Gravesande.

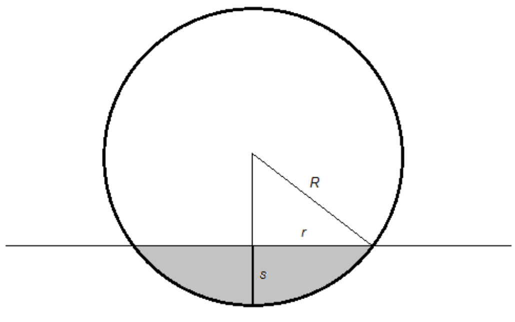


Moderne kleibakproef

In *Antieke Techniek 7* over 's Gravesande worden de authentieke kleibakproef en de vis viva discussie behandeld. 's Gravesande liet even grote kogels met verschillende massa een vrije val vanuit rust maken. Door de valhoogte y handig te kiezen (m 2× zo groot $\Rightarrow$ y 2× zo klein) ontstaan identieke deuken in de klei. Als alle kinetische energie van de kogel de klei plastisch vervormt, is het volume van de deuk V een maat voor E_k.

De demonstratie omkatten tot een practicum is makkelijker gezegd dan gedaan, want wie heeft een voorraad even grote kogels met ongelijke massa's in de kast liggen? Daarom gebruik ik één stalen kogel (R = 14,3 mm) die van verschillende hoogten y wordt losgelaten boven een blok oase. Er ontstaan dan inslagen met een verschillend volume V.
De hypothese is:

$$E_z \sim y \text{ en } E_z \sim V \Rightarrow y \sim V$$



Om V indirect te meten, is de formule voor de bolschil nodig:

$$V = \pi s^2 (R - \tfrac{1}{3}s) \qquad (1)$$

De afleiding staat aan het eind.

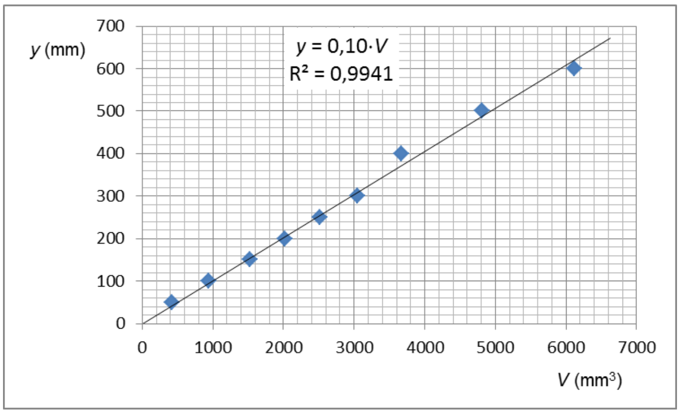
De diepte s is niet eenvoudig te meten. Het is makkelijker de diameter $D = 2r$ van de inslag te bepalen. Uit de figuur volgt met behulp van Pythagoras:

$$s = R - \sqrt{R^2 - r^2} \qquad (2)$$

De moderne versie van de kleibakproef is dan:

- Laat van verschillende hoogten y een stalen kogel in een blok oase vallen. Haal met een magneet voorzichtig de kogel uit de inslag.
- Meet met een schuifmaat de diameter D van de inslag en bereken r.
- Reken met (2) de diepte s uit.
- Reken met (1) het volume V uit.
- De $y(V)$-grafiek zou dan een rechte lijn door de oorsprong moeten opleveren.

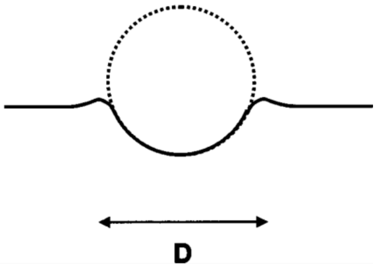
De proef komt prachtig uit.



Kratervorming

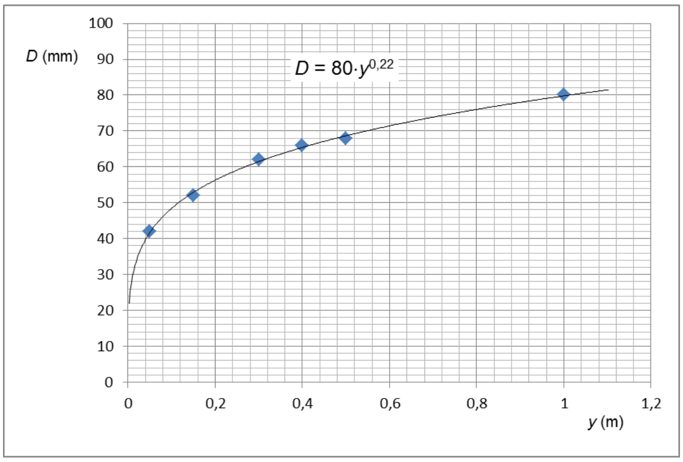
Als je een stalen kogel in een bak met los fijn zand laat vallen, wordt een mooie krater gevormd.

Laat in verband met de nauwkeurigheid de kogel van iedere valhoogte y minimaal drie keer vallen en bepaal de gemiddelde kraterdiameter D.
Volgens Amato en Williams in de *Am. J. Phys., Vol. 66, No. 2, February 1998* geldt in los zand voor de energie E waarmee de krater is gevormd en de diameter D van de krater: $D \sim E^{1/4}$.



Als een meteoor op aarde inslaat, wordt de kinetische energie van de meteoor omgezet in warmte, plastische vervorming, uitstoten van materiaal en seismische golven. Laat je een kogel vanaf een hoogte y in een bak met los zand vallen dan wordt de kinetische energie van de kogel met name omgezet in het uitstoten van het zand.
Het uitgestoten zand met massa m heeft een zwaarte energie $E_z = mg{\cdot}s$ gekregen (s is de diepte van de krater).
Omdat $m \sim D^3$ en $s \sim D$ geldt: $E \sim D^4 \;\Rightarrow\; D \sim E^{1/4} \sim y^{1/4}$.

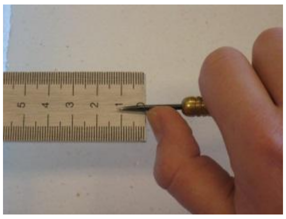
Deze proef heb ik al twee keer gebruikt in een praktisch tentamen. Als je nauwkeurig meet, komen de theorie en de resultaten aardig overeen.



Priemgetallen

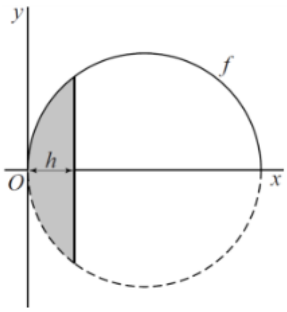
Deze leerlingen doen de proef *priemgetallen* uit de intro. Ze gebruiken geen blocnote, maar piepschuim. Een blok oase kan natuurlijk ook. Dit soort mooie aanpassingen maken leerlingen wel vaker als je ze thuis de proef voor een extra punt laat doen. Bij gebrek aan een dartpijl, neem je gewoon een priem of een vork!

De valhoogte y meten is geen probleem. Het meten van de diepte s waarmee de pijl het piepschuim binnendringt, kun je op deze manier nauwkeurig doen:



Als de $y(s)$-grafiek geen rechte lijn oplevert, is F_{rem} niet constant, maar afhankelijk van de snelheid van de pijl.

De formule voor de bolschil



Voor $f(x)$ geldt:

$$f(x) = \sqrt{R^2 - (x-R)^2} = \sqrt{2xR - x^2}$$

Door deze functie te wentelen om de x-as kunnen we V uitrekenen:

$$V = \pi\int_0^h f^2(x)\mathrm{d}x = \pi\int_0^h (2xR - x^2)\mathrm{d}x \Rightarrow$$

$$V = \pi\left[Rx^2 - \tfrac{1}{3}x^3\right]_0^h = \pi h^2(R - \tfrac{1}{3}h)$$