PROEFPRIKKELS 15

Periodieke uitgave van STEVIN natuurkunde

www.stevin.info stevin@stevin.info november 2020

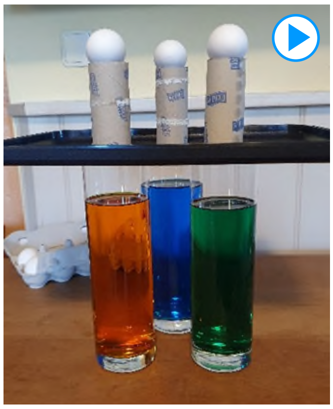
Traagheid

Stevin staat vol met uitdagende proeven over traagheid. Kijk maar in H2 op p. 35 t/m 37 van het vwo boek. In het havo boek staan er nog meer. Even moed verzamelen en je ontvangt applaus omdat je de traagheid van een bezemsteel op twee wijnglazen te snel af bent. Ook leuk: ruim een gedekte tafel in een oogwenk af. Op de laatste WND-conferentie heb ik dit nog voorgedaan. Belangrijke tip: trek langs de tafelrand omlaag en haal de zoom uit het kleed.

■ Ruud Brouwer

Een van de leukste prijsvragen vond ik nummer 15 *Iets vergeten?* die over de foto met de vrachtwagen ging. Deze prijsvraag kan een prima startpunt zijn als je het begrip traagheid wilt starten.

Soms kom je een overtreffende trap tegen van een proef die al best uitdagend lijkt. Hoe krijg je de dobbelsteen in de melkfles en hoe de eieren in de glazen?



Laat ze de proef met het ei thuis als extra opdracht doen en vergeet niet te zeggen dat ze hun proef moeten filmen. Je zal zien dat het plezier eraf spat en op de achtergrond hun moeders horen gillen van de spanning.

Werpen

Een boek van Randall Munroe vormde de inspiratie voor deze prikkel. Bijvoorbeeld het signaal: *loslaten die bal* door een werper moet al zo'n 5 ms eerder zijn gegeven, want zo lang doet een signaal over de lengte van de arm. Tijdens de draai van de arm is dat signaal dus al onderweg naar de hand. Deze natuurkundige bij NASA die striptekenaar werd, geeft serieuze antwoorden op absurde vragen. Zie zijn site met de niet uit te spreken naam: xkcd.

■ Louis Mathot

Doelpunt?

Als Lois de bal van 400 g met 90 km/h gooit in de richting van opspringende doelvrouw Tess van 67 kg, dan beweegt die met 15 cm/s naar achteren.
$0{,}4 \cdot 25 = 67{,}4 \cdot u$
Minstens 15 cm/s, want dat geldt voor een plak-botsing. De kans dat ze met bal en al in het doel verdwijnt is dus niet groot maar ook niet nul. Zeker niet als de bal alleen op de uitgestoken hand botst. Tess is gelukkig niet verplicht op de doellijn te staan. Het smoornet dat achter in het doel hangt, verhindert het terugkaatsen van de bal in het veld en vertraagt zo het spel na een doelpunt doordat de onderkant een loodkoord bevat.

Gooien als wedstrijd

Roald Bradstock, een Engelse speerwerpkampioen, gooide eens een golfbal 155 m ver en 39 m hoog want onder ideale omstandigheden (onder 45°; zonder luchtweerstand) is de hoogte een kwart van de schootsafstand bij een kogelbaan. Gooide hij verticaal omhoog, dan kon hij dus het dubbele: 79 m hoog gooien.

Dat haalde ik als jochie vast niet, maar ik weet nog dat ik er lol in had op weg naar school een bal zo hoog mogelijk verticaal omhoog te gooien, dan raakte ik hem niet kwijt. Nu moest ik dat maar niet meer proberen.
Een honkballer brengt zijn hand zo ver mogelijk naar achteren, daarna zo ver mogelijk naar voren en laat zijn achterbeen ook nog duwen, zelfs zijn pols geeft een extra 'snap', allemaal illustraties van:
$F\Delta x = \Delta \tfrac{1}{2} m v^2$

Maak er een wedstrijd van. Meet de vliegtijd ($2t$) van een bal als je leerlingen die omhoog gooien; de hoogte volgt uit: $h = \tfrac{1}{2} g t^2$.

Vliegen op Titan

Kun je een papieren vliegtuigje op een andere planeet of op een van zijn manen lanceren? Dat blijkt alleen te lukken op Titan, de maan ontdekt door Huygens, al moet je oppassen niet te hard te gooien, want de ontsnappingsvaart $\sqrt{2gR}$ op Titan is 9,5 km/h. 'Vaart' omdat de richting er niet toe doet - zolang je maar niet naar beneden gooit. En dan wel zoals het hoort: langzaam gooien als je althans nauwkeurig wilt mikken. Geen wonder dat NASA in 2026 daar de Dragonfly lanceert, een nucleaire drone die Titan moet verkennen.

Bron:
Randall Munroe, *What If?: Serious Scientific Answers to Absurd Hypothetical Questions.*

Leesprikkels

Na het lezen van de kopij voor *Werpen* van Louis heb ik meteen de Nederlandse versie gekocht van het boek dat hem inspiratie gaf: *Wat als*. Daarmee is dit stukje een begin van een nieuwe serie. De *Proefprikkels* zijn bedoeld om docenten te prikkelen tot het doen van een proefje. In deze nieuwe rubriek *Leesprikkels* geven we onze lezers tips om inspirerende boeken te kopen. De proeven komen dan vanzelf zoals de bijdrage van Louis bewijst.

■ Hubert Biezeveld

1: Allemaal springen

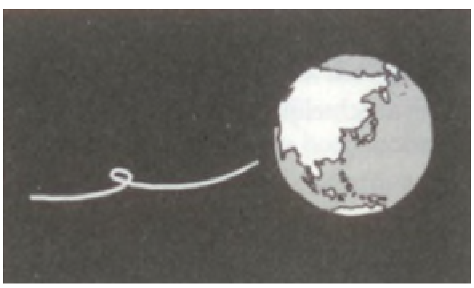
Vroeger – toen alles beter was en de impuls nog in het programma zat (opa vertelt) – deed ik meestal het gedachtenexperiment dat alle één miljard Chinezen met het *Rode boekje* van voorzitter Mao in de hand tegelijk een sprong maken. Welke invloed heeft dat op de aarde? We gingen dan eerst met een globe die we leenden van aardrijkskunde na dat het oppervlak van China ongeveer 600 keer zo klein is als het oppervlak van de aarde. Dat is dus klein genoeg om China voor dit experiment als ‘punt’ te beschouwen. We brachten in rekening dat er baby’s en grijsaards meededen aan de sprong. De gemiddelde hoogte taxeerden we op 0,5 m en na nog wat van die schattingen was de conclusie dat de invloed op de aarde nihil moest zijn. Daarna wierpen we ons weer op de prachtige opgaven uit (toen nog) *Scoop*.

Munroe pakt het rigoureuzer aan en daardoor is zijn boek zo spannend, zoals op p. 58: **Allemaal springen**. “Aan het begin van het scenario is de hele wereldbevolking op magische wijze samen naar één plaats vervoerd, Rhode Island.”

“Precies om 12:00 zet iedereen af voor de sprong.”

“Zelfs als de aarde alleen uit stijve materie bestond en meteen reageerde, zou hij minder dan een atoom diep worden ingeduwd. Daarna komt iedereen op de grond neer.”
Tot zover loopt het gedachtenexperiment van Munroe in de pas met dat van mij. Wel beschrijft hij nog dat er een lichte drukgolf door de continentale korst van Noord-Amerika gaat, maar dat die vervliegt zonder veel effect.
“Het geluid van al die voeten die op de grond neerkomen creëert een luide, langgerekte dreun die veel seconden aanhoudt. Uiteindelijk wordt de lucht weer rustig.”

Als je wel eens de files hebt gezien van mensen die een oorlog proberen te ontvluchten, of een tornado of een vloedgolf, dan kun je je voorstellen wat er gebeurt als de hele mensheid dicht opeen gepakt op Rode Island staat. Ik zal me beheersen en niet toegeven aan de neiging uitgebreid te citeren. Koop het boek en lees het zelf. Ik verklap wel dat het chaos wordt met moord en doodslag: “Na een paar weken is Rhode Island één groot massagraf. De overlevenden verspreiden zich over de aarde en bouwen met moeite een nieuwe beschaving op de ruïnes van de oude. Onze soort leeft voort, maar de bevolking is sterk gereduceerd. De baan van de aarde om de zon is onveranderd gebleven – en hij roteert nog net om zijn as als hij deed vóór onze sprong van de mensheid. Dat weten we nu tenminste.”



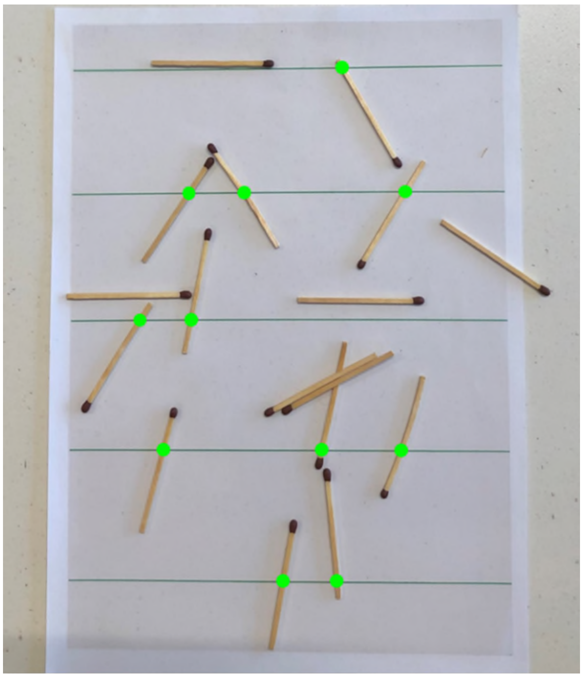
Bron:
Randall Munroe, *Wat als*?: *Serieuze wetenschappelijke antwoorden op belangrijke hypothetische vragen.*

π (deel 2)

In deel 1 hebben we met kralen, karton en ook met een paar rijstkorrels pi afgeschat. Dit is leuk om met je 3e klas te doen. In deel 2 het *naaldenexperiment* van *Buffon*. Het is verrassend dat pi zomaar uit een kansspelletje tevoorschijn komt.

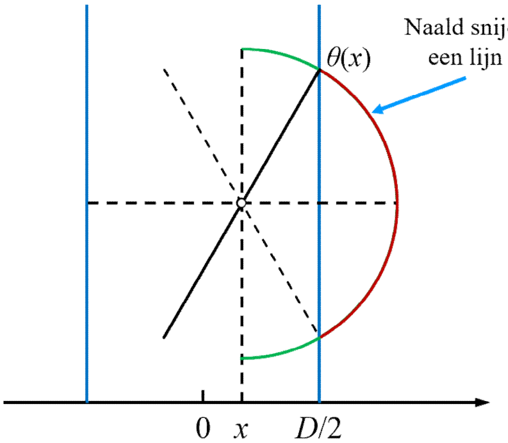
■ **Ruud Brouwer**

Deze proef is nog simpeler uit te voeren dan de proef met rijst. Maar om de theorie te snappen is wiskunde B/D nodig. Je collega wiskunde wil vast wel in de les komen helpen en dan maak je er meteen een vakoverstijgend project van.
In plaats van naalden kun je ook lucifers of andere stokjes gebruiken.
Trek op papier evenwijdige lijnen zodat een lucifer er precies tussen past. Laat de naalden willekeurig op een rooster van evenwijdige lijnen vallen.
De kans p dat een naald een van de lijnen snijdt, is $p = \frac{2}{\pi} \Rightarrow \pi = \frac{2}{p}$.



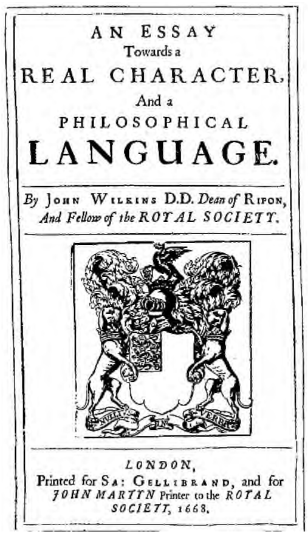
Ik heb 17 lucifers a la mikado laten vallen. Er zijn op de foto 11 treffers te zien (de groene stippen), dus $p = \frac{11}{17} = 0{,}65$. Invullen geeft: $\pi = \frac{2}{0{,}65} = 3{,}1$. Hoe vaker je de proef doet, des te dichter kom je bij pi uit.

In de afleiding van $\pi = \frac{2}{p}$ moet een goniometrische functie geïntegreerd worden. De kans dat een naald op een lijn valt, is gelijk aan de grootte van de rode hoek gedeeld door pi.
De tekening is voor het geval dat de lengte van de naald gelijk is aan de afstand tussen twee opeenvolgende parallelle lijnen. Het volledige bewijs van $\pi = \frac{2}{p}$ is te vinden op deze Wiki-pagina: Naald van Buffon.



De twee seconde slinger

De Engelsman John Wilkins publiceerde in 1668 het werk *An Essay towards a Real Character and a Philosophical Language*, waarin hij de meter definieert als de lengte van een slinger met een periode $T = 2$ s.


AN ESSAY
Towards a
REAL CHARACTER,
And a
PHILOSOPHICAL
LANGUAGE.
By JOHN WILKINS D.D. Dean of RIPON,
And Fellow of the ROYAL SOCIETY.
LONDON,
Printed for SA: GELLIBRAND, and for
JOHN MARTYN Printer to the ROYAL
SOCIETY, 1668.

Met andere woorden: de eerste definitie van de meter gaat ervan uit dat getalsmatig: $\pi^2 = g$!
Hang een gewicht aan een touwtje en laat leerlingen de lengte van de slinger variëren totdat het een 2 seconde slinger wordt.
Omdat de lengte van de slinger *per definitie 1 m* is, geldt volgens Huygens:

$$2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{g}} \Rightarrow \pi^2 = g \Rightarrow \pi = 3{,}13.$$