

PROEFPRIKKELS 12

Periodieke uitgave van STEVIN natuurkunde

www.stevin.info

stevin@stevin.info

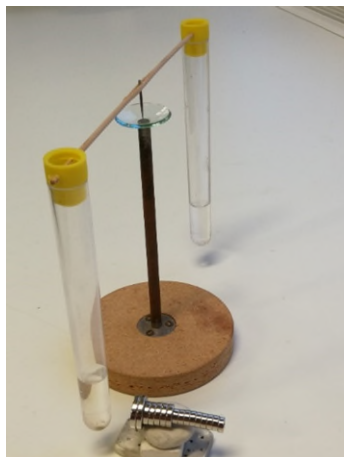
april 2020

Diamagnetisme

Af en toe krijgen we ideeën voor een Proefprikkel opgestuurd. Deze keer stuurde Jurriaan Limperg (TOA van RSG Enkhuizen) foto's om diamagnetisme in demiwater aan te tonen. Diamagnetisme werd al door Brugmans ontdekt bij bismut in 1778 en Faraday gaf de naam in 1845.

Louis Mathot demonstreerde op de WND-conferentie 2018 diamagnetisme met een schaduwprojectie van de Bataafse tranen van Prins Rupert (1640), zie ook [OuNa 5](#). Het werd hoog tijd voor een compilatie.

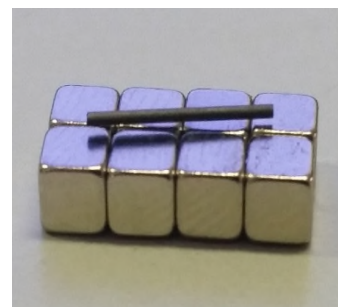
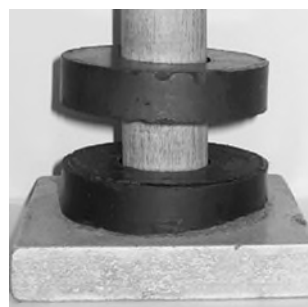
■ Ruud Brouwer



De foto's hierboven zijn van Jurriaan, hij schreef: *“Op de gummetjes vooraan op de linker foto ligt een sterke neodymium magneet. Het maakt niet uit of je de N- of de Z-pool van de magneet voor de buis houdt, de buis met water zal zich van de magneet afkeren. Het werkt ook met twee in elkaar geschoven rietjes, opgehangen aan een draadje, met aan de uiteinden een druif...”*. D. Featonby (*Science on Stage*) laat op dezelfde manier een druif van een magneet schrikken en op internet is de proef als *Science Snack* te zien: [Push me a grape](#) bij *The Exploratorium*.

Zwevende luidsprekermagneten verklaar je met *ferromagnetisme*, die proef kent iedereen en opent vaak het hoofdstuk Magnetisme. Maar vanaf deze Proefprikkel laat ik diamagnetisme niet meer ontbreken bij de demonstraties. Vooral omdat alle stoffen diamagnetisch zijn, tenzij para- of ferromagnetisme overheerst.

Er zijn mogelijkheden genoeg: bijvoorbeeld een potloodvulling boven neodymium magneetjes. Of doe het zoals Louis met een kikker boven pyrolytisch grafiet en boots zo de beroemde proef van André Geim na (Ig Nobelprijs in 2000 en Nobelprijs voor grafeen in 2010).

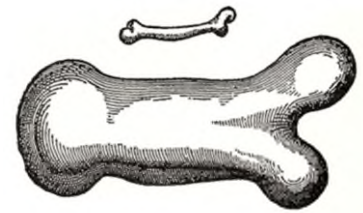


Heb je ook een proef die prikkelt en die je met ons wilt delen? Mail dan naar stevin@stevin.info.

Grootte doet er toe

Galilei wist het al in 1638 toen hij zijn *Twee dialogen* in Leiden publiceerde bij Elzevir: een ding of dier kan alleen enorm in grootte toenemen als het materiaal veel sterker is. Haldane schreef in 1926:

‘You can drop a mouse down a thousand-yard mine shaft; and, on arriving on the bottom, it gets a slight shock and walks away, provided that the ground is fairly soft. A rat is killed, a man is broken, a horse splashes.’ Omgekeerd kunnen insecten niet doodvallen. Maar waarom proberen vallende sprinkhanen op hun kop terecht te komen?



IN LEIDA,
Appresso gli Elzevirii. M. D. C. XXXVIII.

■ Louis Mathot

Een gevallen engel heeft geen schijn van kans weer terug in de hemel te vliegen. De vleugels zijn veel te klein. Vergeleken met een duif bijvoorbeeld (350 keer zo zwaar?) zouden die vleugels 50 keer ($350^{2/3}$) zo groot moeten zijn.

Mens versus insect

Het verschil in grootte en dus in massa m en frontoppervlak A heeft ook gevolgen voor de eindsnelheid bij een val. Veronderstellen we dezelfde waarde van C en ρ dan volgt uit:

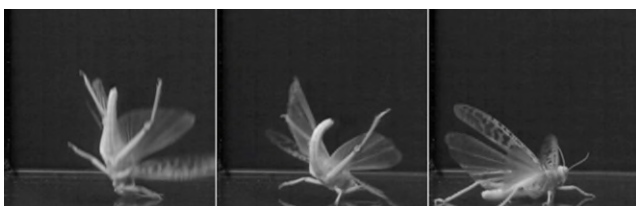
$$F_z = F_w \quad \text{dus: } mg = \frac{1}{2}C \cdot \rho \cdot A \cdot v_{\text{eind}}^2$$

dat de eindsnelheid evenredig is met $\sqrt{m/A}$.

Voor een mens is de waarde van m/A zo'n 20,3 en voor een insect 0,36. De maximale snelheid van een mens van ongeveer 50 m/s is voor een insect dus slechts 7 m/s.

Op hun kop

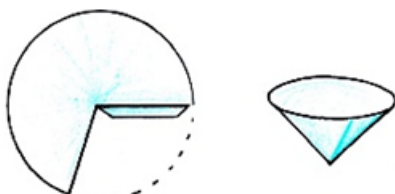
Sprinkhanen doen hun best om bij een val op hun kop terecht te komen door hun vleugels te gebruiken, ook al wordt hun snelheid daardoor groter. Hun pantser van chitine is sterk genoeg. Zo zorgen ze ervoor dat ze zich daarna snel uit de voeten kunnen maken.



Een papieren kegel als insect

In plaats van insecten laten we papieren kegels vallen. Maak vier dezelfde kegels met de hoogte gelijk aan de straal.

a Hoe groot is de hoek die je dan uit de cirkel moet knippen?

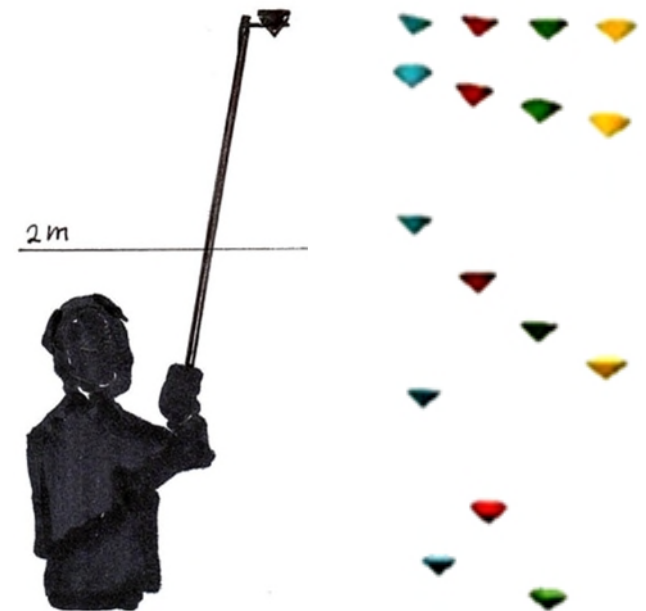


Zo'n vallende kegel bereikt al snel de eindsnelheid v_{eind} .

b Waarom heeft de grootte van de cirkel geen invloed op v_{eind} ?

Insecten zijn niet tweedimensionaal natuurlijk. Maak de kegels meer 3D door twee, drie en vier kegels in elkaar te passen zoals hier.

Na ongeveer een meter vallen is v_{eind} bereikt.



Meet de valtijd over de laatste 2 m. Als de valtijd van de vier kegels twee keer zo klein is als die van de enkele, volgt daaruit dat de luchtwrijving F_w evenredig is met v_{eind}^2 .

c Leg dat uit.

Bronnen:

J.B.S Haldane *On being the right size*

Michael Benz *Digitale Videoanalyse von Bewegungen*

Kathryn Knight *Landing locusts crash head first for speedier getaways*

Antwoorden: zie pagina 4.

Racen op zonnecellen

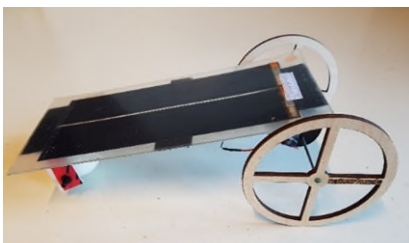


Op de WND-conferentie 2019 zag ik in de werkgroep van [Solar-Active](#) dat voor het maken van een zonneauto als in [Smaakmakers 38](#) niet veel nodig was. Met een minizonnepaneel en een elektromotortje kom je een heel eind. Op school heb ik er meteen een uitdagend practicum van gemaakt. Het lukt leerlingen uit de derde klas om hun zonneauto tijdens een blokuur in het technieklokaal aan het rijden te krijgen. Uiteraard worden de auto's met elkaar vergeleken in een wedstrijd.

■ Kim Blankendaal

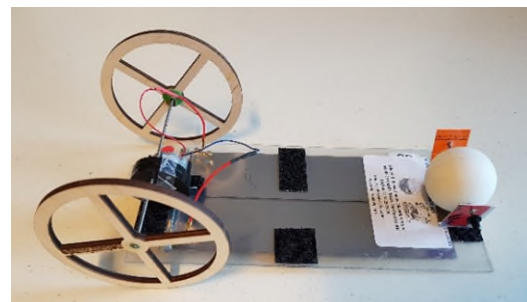
Ontwerp wielen

Een ontwerp met plastic flessendoppen of CD's als wielen is aardig, maar dat vind ik voor mijn leerlingen niet goed genoeg. Ze hebben namelijk leren werken met het 3D-tekenprogramma *SketchUp*. Aangesloten op een lasersnijder rollen binnen een uur al hun wielontwerpen letterlijk van de band. Hoe groot moet de diameter zijn? Hoe breed de velgen? Een slimme leerling die voor de winst gaat, zal de diameter van het wiel laten hangen van de hoek waaronder het zonnepaneel moet liggen om buiten zoveel mogelijk zonlicht op te kunnen vangen.



Balanceren

Het motortje kan langs de achteras gecentreerd worden. Opvallend is dat een auto met een pingpongbal als voorwiel langer in een rechte lijn kan rijden. Het moeilijkste is om de gaten diametraal in de bal te boren. De creatieve leerling bedenkt hier wel een oplossing voor. De as door de pingpongbal zit vast tussen L-vormige stukken plastic en wordt door dopjes op zijn plek gehouden.



Testen en vastmaken

Van tevoren wordt de motor met een batterij en het zonnepaneel met een ledje getest. De flexibele zonnecellen van [Solar-Active](#) kosten minder dan 14 euro per stuk en leveren maximaal 3V en 300 mA. Voor mijn school heb ik 16 sets aangeschaft. Naast de lage prijs, doen ze het buiten al bij bewolkt weer op een winterse namiddag. Onderop het zonnepaneel wordt, net als in de ruimtevaart, alles met klittenband vastgemaakt. Verder zijn ze handig in gebruik door de ingebouwde klemmen waaraan de stroomdraden makkelijk kunnen worden bevestigd.

Het is een leuk gezicht als de eerste ontwerpen bij de startlijn verschijnen. Laat je leerlingen de behaalde snelheid uitrekenen. Onder kunstlicht in het technieklokaal kwamen de ontworpen auto's erg moeizaam op gang, maar eenmaal buiten haalden ze elkaar een voor een in. Wie heeft de snelste auto die het best rechtuit kan rijden?

Meting en model - 1

1: De vallende kegel

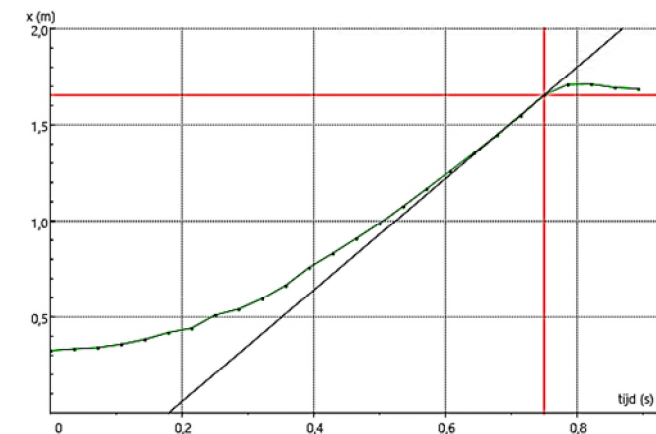
De mooiste toepassing van *Coach* is misschien wel dat je een gemeten grafiek en die van een model prachtig kunt vergelijken door ze over elkaar heen te leggen. Louis liet hiervoor al zien dat de luchtwrijving F_w op een vallende kegel kwadratisch afhangt van de snelheid: $F_w = kv^2$. In deze Proefprikkel een poging om de waarde van k te bepalen.

■ Ruud Brouwer

Knip uit A3 papier een aantal identieke grote cirkels en maak er kegels van met een grote tophoek. Schuif minstens drie kegels in elkaar en laat ze onder een ultrasonische afstand sensor los. De reden om meerdere kegels in elkaar te schuiven is tweeledig: (i) de kegels dalen dan zonder te schommelen en (ii) door de grotere massa duurt het iets langer totdat de valsnelheid constant wordt.

Meten

Zonder al te veel moeite verkregen Ellen & Fleur op de foto met behulp van een ultrasonische afstandssensor (USA) een $x(t)$ -grafiek waarin ze met de optie *Helling* de constante maximale eindsnelheid bepaalden: $v_{\max} = 2,9$ m/s.



Meting: Run 1 tijd: 0,75 s
 Var.: x x: 1,655 m
 Helling: 2,900 m/s

Omdat de snelheid constant wordt geldt:

$$F_z = F_w \Rightarrow k = \frac{mg}{v_{\max}^2}$$

Met $m = 6,78$ g en $v_{\max} = 2,9$ m/s vind je dan voor $k = 0,0079$ kg/m.



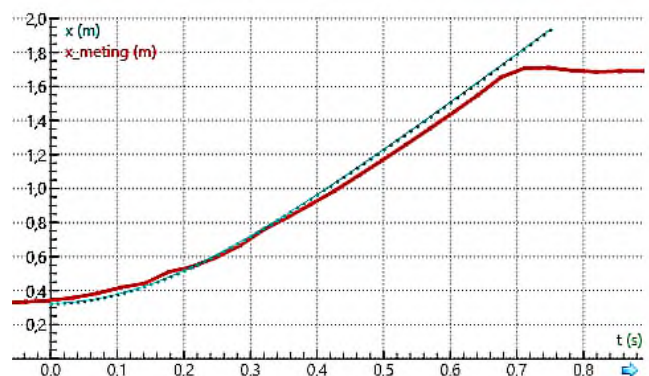
Model

Vwo leerlingen moeten volgens de eisen van de syllabus in staat zijn om:

- modelregels 3 en 4 af te maken,
- de $x(t)$ -grafiek als achtergrondgrafiek te importeren en te verschuiven,
- de rode startwaarden te voorspellen zodat de modelgrafiek zo goed mogelijk over de meting heen ligt.

Model	Startwaarden (in basiseenheden)
1 $F_z = m \cdot g$	$t = 0$
2 $F_w = k \cdot v^2$	$dt = 0,01$
3 $SF = F_z - F_w$	$g = 9,81$
4 $a = SF / m$	$m = 0,00678$ 'meten
5 $v := v + a \cdot dt$	$x = 0,326$ 'lees af
6 $x := x + v \cdot dt$	uit je meting
7 $t := t + dt$	$v = 0$
8 Als $t > 0,75$ dan	$k = 0,0079$ 'zie je
Stop Eindals	berekening

Na iets verschuiven van de achtergrondgrafiek (een mooie optie in *Coach*) is dit het prachtige eindresultaat:



Antwoorden bij Een papieren kegels als insect:

a $\alpha = 2\pi(1 - \frac{1}{2}\sqrt{2})$ rad = 105° b m is evenredig met A c 4 kegels $\Rightarrow m \propto 4x$ dus $\sqrt{m} \propto 2x$