

PROEFPRIKKELS 8

Periodieke uitgave van STEVIN natuurkunde

www.stevin.info

stevin@stevin.info

oktober 2019

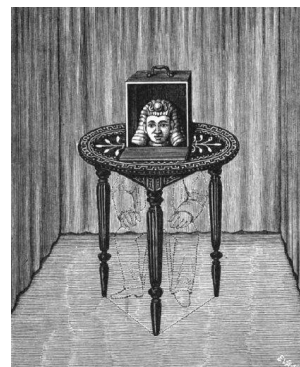
Het is een gave

3: Het pratende hoofd

Op de WND-conferentie 2018 was in de werkgroep *Proefprikkel*s de illusie *Het pratende hoofd* te zien ([filmpje](#)). Zet zo'n opstelling neer op je open dag in de gang naast het natuurkunde lokaal en je hebt gegarandeerd 10 aanmeldingen extra.

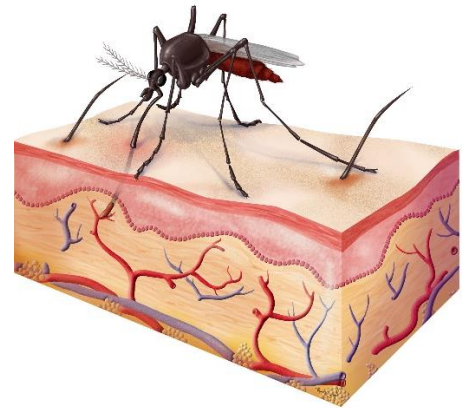
Als je er een kleine prijsvraag aan koppelt “*Hoe werkt dit?*”, dan worden de groep 8-ers nog actief ook. Let goed op, want te fanatieke ouders zul je echt moeten tegenhouden!

■ Ruud Brouwer



Prikactie

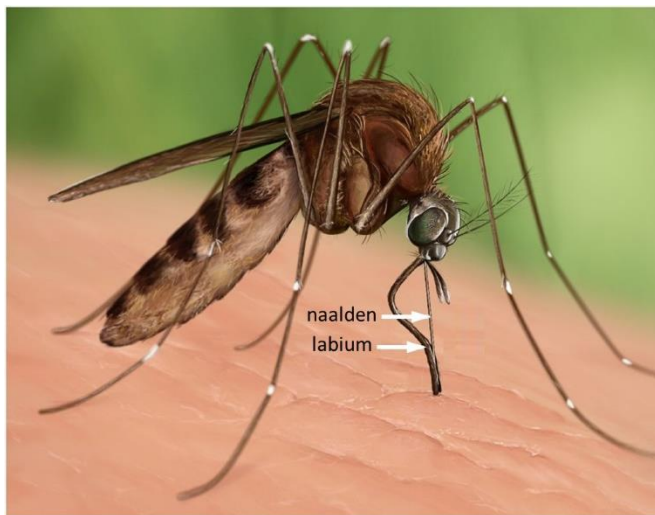
Gezoem in de nacht, 500 Hz en je weet: die komt af op geur en CO₂. Ze heeft je misschien al op 30 m afstand ontdekt en dat allemaal om haar nageslacht te voorzien van jouw bloed. Dan stopt het geluid. Ze zit op je huid. Door de verlengde snuit snel op en neer te bewegen zoekt ze een zwakke plek. Eenmaal gevonden en doorboord, spuit ze een pijnstillertje in en gaat ze met een scherpe naald op zoek naar een haarvaatje. Als ze na een paar minuten wegvliegt, is ze drie keer zo zwaar. Maar hoe zorgt ze ervoor dat zij niet zelf omhoog gedrukt wordt tijdens het prikken? En waarom knikt de naald niet dubbel?



■ Louis Mathot

Zes naalden

De mug brengt een bundel van maar liefst zes naalden tegelijk in de huid. De buitenste twee zijn getand. Die trillen zich door de huid, als gipszagen, maar dan met 15 Hz. De twee naalden daarnaast dienen als ankers en houden het gat open. Een van de binnenste twee zorgt voor verdoving en antistolling (en de jeuk). De andere, de naald zelf, is het rietje. De benodigde kracht blijkt gemiddeld zo'n 17 μN te zijn, dat is het gewicht van een hongerige mug! Zich opdrukken tijdens het prikken is dus niet denkbeeldig. Vandaar ook de ankernaalden.



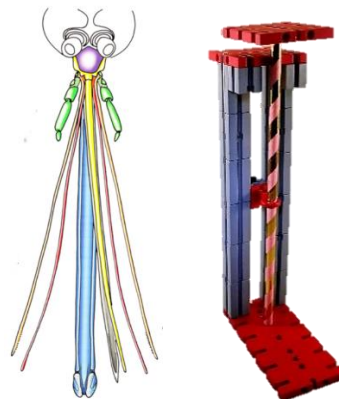
Antiknik

Euler was de eerste die een formule afleidde voor de kracht F_{knik} die nodig is om een staaf te laten knikken als de onderkant vrij kan bewegen:

$$F_{\text{knik}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

met E de elasticiteitsmodulus en I het oppervlakte-traagheidsmoment dat alleen afhangt van de vorm van de staaf. L is de lengte van het niet gesteunde deel van de staaf.

De mug heeft er iets op gevonden: ze fixeert de naalden vlak boven de huid met het 'labium'. Dit werkt als geleidehuls en verkort daardoor de lengte L van de naalden met zo'n factor twee. Zo verhindert ze het knikken, want F_{knik} is nu vier keer zo groot ([filmpje](#)).



Zelf prikken

De mug zoekt niet voor niets een zwakke plek.

- Imiteer een prikkende mug: probeer op je knieën een weegschaal op de grond vóór je, zover mogelijk in te duwen. En vergelijk die waarde met je eigen gewicht.
- Bouw een opstelling als hier boven en meet F_{knik} door het rietje met steeds zwaardere gewichten te belasten. Doe dat vijf keer en herhaal dat met rietjes die je halverwege hebt ingeklemd. Komt die factor vier eruit?

Bronnen

- XQ Kong, CW Wu. Mosquito proboscis: An elegant biomicroelectromechanical system. *Physical Review E*, 2010
- AJ Shoffstall, S Srinivasan, M Willis, AM Stiller, M Ecker... A mosquito inspired strategy to implant microprobes into the brain. *Scientific reports*, 2018
- MK Ramasubramanian, OM Barham, V Swaminathan. Mechanics of a mosquito bite with applications to microneedle design. *Bioinspiration & biomimetics*, 2008

Bezemsteel op fietswielen

Aan de hand van de opstelling hiernaast stel ik leerlingen deze vraag, die werd gepromoveerd tot [prijsvraag 34](#): Als je beide wielen linksom draait, zal de bezemsteel naar links bewegen en eraf vallen. Draai je ze rechtsom, dan valt de bezemsteel er daar af. Maar wat gebeurt er met de bezemsteel als je de wielen *tegen elkaar in draait*?

- A De bezem blijft liggen.
- B De bezem gaat een trilling uitvoeren.
- C De bezem zal er soms links en soms rechts afvallen.

■ Ruud Brouwer

Doe de proef nog niet voor, geef voldoende bedenktijd en laat alle leerlingen hun antwoord opschrijven. Voor de begripsvorming pak ik de bezem uit de hoek van het lokaal en leg 'm op mijn twee uitgestoken wijsvingers die ik zo'n 1,5 m uit elkaar houd. Als ik vervolgens een van de twee wijsvingers naar het midden toe beweeg, zullen uiteindelijk *beide* vingers elkaar in het zwaartepunt van de bezem ontmoeten ([filmpje](#)). Zie ook [Doen](#) van hoofdstuk 4 Havo op de site.



Dit komt doordat de wrijving tussen een wijsvinger en de steel evenredig is met de normaalkracht en dus met het gewicht van de bezem op die vinger. Waar het meeste gewicht op de vinger rust, is de wrijving het grootst en slijt de vinger niet. Doe de beweging rustig voor, dat ziet er het beste uit.

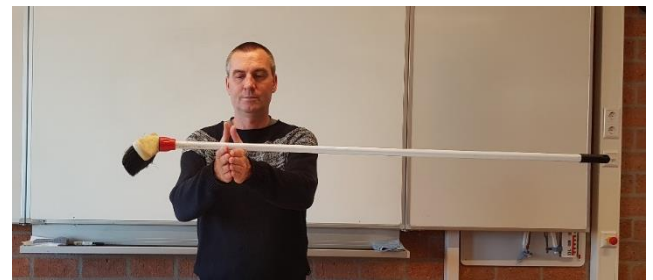
Vergeet ook deze vraag niet te stellen: "stel ik zaag de bezem door op de plek waar mijn vingers zijn samengekomen (= het zwaartepunt). Zijn de twee delen dan even zwaar?"



Het zal je nog verbazen hoeveel leerlingen deze vraag bevestigend (dus fout) zullen beantwoorden. Je weet dan meteen dat de momentenwet nog veel aandacht nodig heeft:

$$F_{z, \text{steel}} \cdot d_{\text{steel}} = F_{z, \text{borstel}} \cdot d_{\text{borstel}}$$

De kant waar de borstel aan vast zit, is natuurlijk het zwaarst.



Als ze denken dat ze het helemaal begrepen hebben, kun je ook nog dit doen: trek alleen rechts een leren handschoen aan zodat de wrijving tussen de steel en je rechter wijsvinger groter is dan bij je linker wijsvinger. *Waar komen de wijsvingers nu samen?*

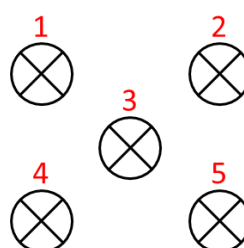
Laat de leerlingen een tweede keer over de vraag met de steel op de tegen elkaar in draaiende fietswielen nadenken. Wie wil zijn antwoord wijzigen?

Als je de opstelling nog niet door je TOA hebt laten nabouwen, kun je het bewijs van antwoord B met behulp van dit [filmpje](#) laten zien. De trilling is zelfs harmonisch omdat $F_w \sim x$. Daar komen we in een latere *Proefprikkel* op terug.

Prijsvraag 35

Teken hoe de lampjes aan elkaar zijn geschakeld.

Verwijs je leerlingen naar www.stevin.info/prijsvragen voor enkele aanwijzingen om kans te maken op € 25,-.





2: (On)elastische botsing

In *Proefprikkel 4* en *6* worden vallende kogels en de stuiterfactor $e = \sqrt{h_2/h_1}$ beschreven. De suggestie uit *Proefprikkel 6 Liquid metal* om de stuitertikken van een golfbal of kogel op tafel te gebruiken, werken we in dit practicum uit.

■ Ruud Brouwer

Vorbereiding

Start de app *Phyphox*¹ en kies de optie ‘(On)elastische botsing’ (klik op de link voor een demonstratie). Dit is een slimme uitbreiding van de optie ‘Akoestische stopwatch’. Plaats de smartphone naast de plek waar je een kogel of golfbal op tafel laat stuiteren. De microfoon registreert de ‘tik’ die bij iedere botsing ontstaat.

Metten & rekenen

Druk op het ‘play ►’ knopje bovenin het scherm. De kogel hoeft je niet tegelijk met het indrukken los te laten. De meting start vanzelf bij de eerste tik op $t = t_1$. Op $t = t_2$ is de 2^e tik, ... enz. Op het scherm is het verschil $\Delta t = t_2 - t_1$ weergegeven als Tijdstip 1.

- a Start de app en laat een kogel van 15,0 cm hoogte los.



- b Noteer Tijdstip 1, Tijdstip 2 en Tijdstip 3. Voor de vrije val vanuit rust geldt: $h = \frac{1}{2}gt^2$. Stuiteren is een symmetrische beweging: omhoog bewegen naar de top duurt even lang als omlaag vallen. Hoogte 1 is de maximale hoogte die de kogel haalt na de eerste stuitering en is door de app al voor je uitgerekend.

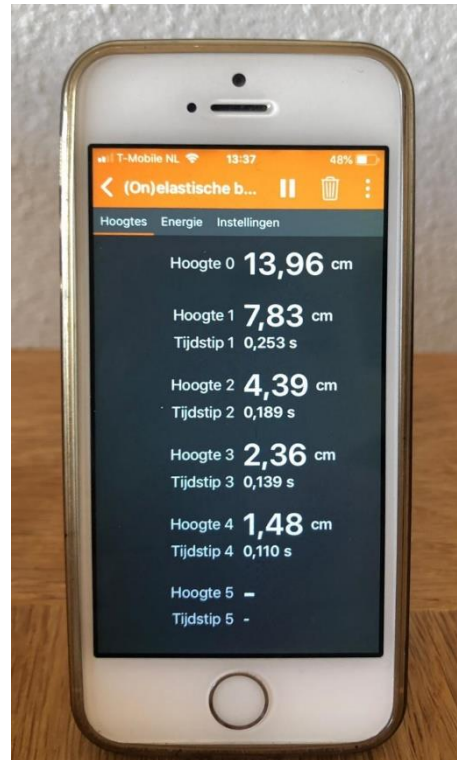
- c Controleer de waarde van Hoogte 1, 2 en 3 met behulp van een berekening.
d Bereken de stuiterfactor e met Hoogte 1 en 2 en 2 en 3.

De Hoogte 0 (= beginhoogte) is door de app uitgerekend met deze hypothese: *De stuiterfactor is bij de eerste en tweede botsing constant.*

- e Klopt die hypothese? Licht je antwoord toe.

Bonus

Toon aan dat geldt: $h = \frac{1}{8} \cdot g \cdot \Delta t^2$.



Toegift

Natuurlijk is ook nog een keer gemeten aan de zeer lang stuiterende kogel op het amorf materiaal uit *Proefprikkel 6*. We vonden: $e = 0,96$.

Bron

¹ <https://phyphox.org/experiment/inelastic-collision/>