

PROEFPRIKKELS 1

Periodieke uitgave van STEVIN natuurkunde*

www.stevin.info

stevin@stevin.info

april 2018

Contacttijd

Aristoteles schijnt gezegd te hebben: “Niets is in het verstand, dat niet vooraf in de zinnen was”. Natuurkunde moet je – behalve met je hersens – ook met je handen en voeten doen. Met enige sturing van de docent (en een beetje geluk).

Contacttijd opent de serie *Proefprikkel*s. Deze proef was in de werkgroep *Stevin Extra & Doen op de WND-conferentie 2017* te zien en is inmiddels op het *Don Bosco College* gepromoveerd tot een practicum voor 5 havo en 6 vwo.

■ Ruud Brouwer

Het is mogelijk om zonder high speed camera de contacttijd T van een stuiterbal te bepalen. Manier 1 werkt met een liniaal en Norit¹ en manier 2 met een simpele elektrische schakeling.

Manier 1: met liniaal en Norit

Trek een plastic handschoen aan, doop de stuiterbal in Norit en laat de bal van een hoogte $h = 50$ cm los. De bal mag maar een keer stuiteren, dus vang de bal na de eerste stuiter op. Oefen dit een paar keer. Tijdens de stuit op de tafel wordt de bal vervormd (ingedrukt). Als de bal maximaal over een afstand s is ingedrukt, is de bal tot stilstand gekomen. Daarna veert de bal elastisch terug. De indrukking s is natuurlijk niet te meten, maar de diameter $d = 2r$ van de afdruk wel.

De maximale indrukking s hangt af van de straal R van de bal en de straal r van de afdruk. In de rechthoekige driehoek in de tekening geldt:

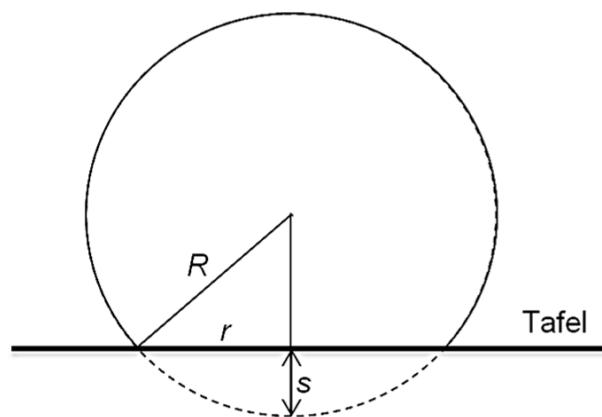
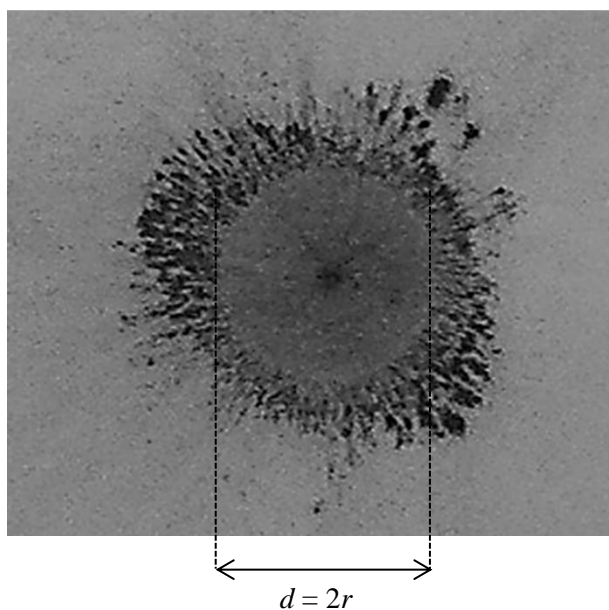
$$(R - s)^2 + r^2 = R^2 \Rightarrow s = R - \sqrt{R^2 - r^2} \quad (1)$$

De snelheid v waarmee de bal op tafel komt, hangt af van de valhoogte h .

$$E_z = E_k \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

Het maximaal indrukken van de bal duurt $\frac{1}{2}T$. Het terugveren van de bal duurt bij benadering ook $\frac{1}{2}T$. Er geldt: $s = v_{\text{gem}} \cdot \frac{1}{2}T$ en

$$v_{\text{gem}} = \frac{1}{2}v = \frac{1}{2}\sqrt{2gh} \Rightarrow T \approx \frac{4 \cdot s}{\sqrt{2gh}} \quad (3)$$

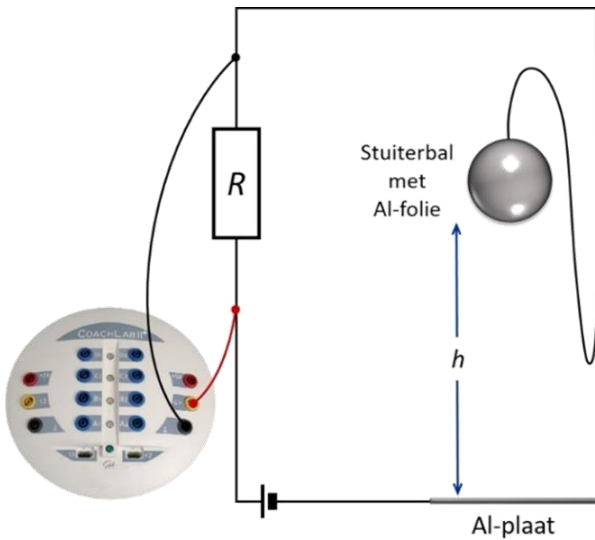


Maak minstens drie duidelijke afdrukken en bepaal de gemiddelde waarde voor r . Vervolgens bereken je de contacttijd T met (1), (2) en (3). Bij onze stuiterbal kwam er $T \approx 3$ ms uit.

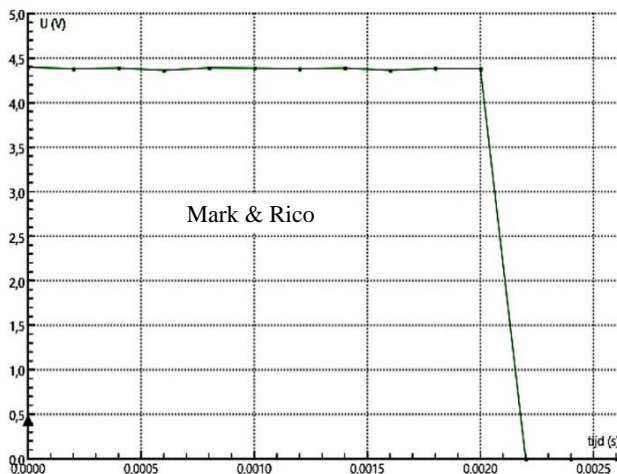
Manier 2: met elektriciteit

De stuitbal is beplakt met zelfklevend aluminiumfolie en hangt aan een soepele stroomdraad. Laat de beplakte stuitbal vallen op een aluminium plaat. Dan is de contacttijd T elektrisch te bepalen.

Tijdens het contact met de plaat is de stroomkring gesloten en loopt er een stroom door de weerstand. De spanning over de weerstand kun je als functie van de tijd meten met *Coach 7*.



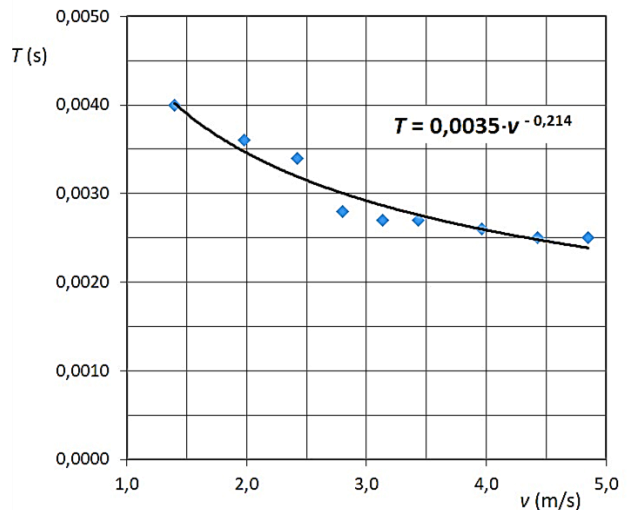
Dit is een meting van Mark & Rico uit 6 vwo. Zij gebruikten op hun tentamen een meetfrequentie van 5000 Hz; een weerstand van 150Ω en een triggerwaarde van 0,5 V in de 'op' richting.



De formule van Hertz

Hertz² leidde al in 1881 af dat voor de contacttijd T en de snelheid v waarmee een kogel neerkomt geldt: $T \sim v^{-1/5}$. Blijkbaar is v niet heel erg van invloed op T . Met *Excel* (kies als trendlijn *macht*) kun je achterhalen of je metingen het voorspelde verband bevestigen. En dat lijkt redelijk goed te lukken.

h (m)	v (m/s)	T (s)
0,10	1,4	0,0040
0,20	2,0	0,0036
0,30	2,4	0,0034
0,40	2,8	0,0028
0,50	3,1	0,0027
0,60	3,4	0,0027
0,80	4,0	0,0026
1,00	4,4	0,0025
1,20	4,9	0,0025



Bronnen:

1) Met dank aan Roeland Boot die ons wees op: I. Oladyshkin and A. Oladyshkina, Millisecond measurements without equipment: time of collision of a ping-pong ball with a table, *Phys. Educ.* 52 (2017)

2) H. Hertz, Über die Berührung fester elastischer Körper, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 92, 156-171 (1881)

* **Stevin** is een eigen blad begonnen, vol direct toepasbare natuurkunde.

Fixeerspuit en Kamifusen

De wet van Bernoulli staat aan de basis van deze twee proeven: het drukverval in een bewegend medium is evenredig met de snelheid in het kwadraat: $\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2$

Een fixeerspuitje (om houtskooltekeningen vast te leggen) werkt hier als een buis van Pitot: je kunt er je blaassnelheid mee bepalen. Diezelfde wet verklaart ook het wonderlijke gedrag van een kamifusen (papierballon); Japanse ballon die zichzelf opblaast.

■ Louis Mathot

Fixeerspuit

Doop de spuit in een lichte vloeistof als olie of spiritus en blaas zo hard mogelijk. Zodra er vloeistof wordt verstovent, meet je de hoogte h boven de meniscus. Door een lichte vloeistof te gebruiken, is h makkelijker te bepalen.

Voor dat effect is een drukverschil $\Delta p = \rho g h$ nodig, met ρ de dichtheid van de vloeistof. Gelijkstellen aan $\Delta p = \frac{1}{2} \rho_L v^2$, met ρ_L de dichtheid van lucht, levert voor de maximale blaassnelheid:

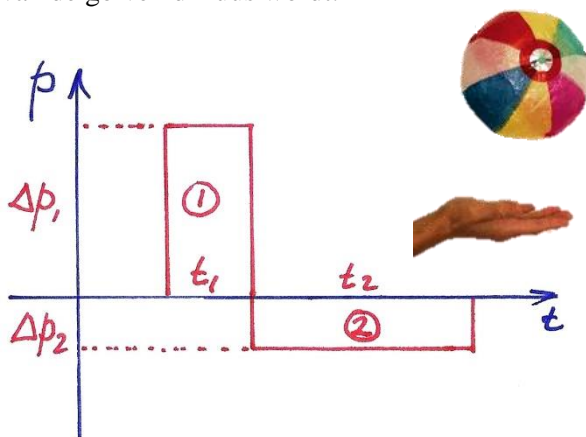
$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \rho g h}{\rho_L}}$$

Met spiritus en $h = 5 \text{ cm}$ betekent dat: $v_{\max} = 26 \text{ m/s}$.



Kamifusen

Dit soort ballonnen voelt glasachtig aan en is voorzien van een gat. Ze schijnen door Japanse vissersvrouwen te zijn bedacht als speelgoed voor hun kinderen. Je blaast ze op door ze met de vlakke hand omhoog te tikken, te laten stuiteren. Geluidsgolven in de ballon zorgen voor een kortdurende toename van de druk, gevolgd door een trage afname. Dat laatste doordat de terugkaatsing van de golven diffuus wordt.



Tijdens de korte tik, zie figuur, zal het volume krimpen en de druk toenemen (1). Tijdens het herstel daarna neemt het volume weer toe en is de druk lager dan de luchtdruk (2). Het tweede effect is blijkbaar groter dan het eerste want de ballon wordt steeds voller. Waarom?

De twee oppervlakken in de grafiek stellen een energie voor want Δp is evenredig met het vermogen van de geluidsgolven in de ballon.

Aannemelijk is dat het krimpen en zwellen van de ballon 'adiabatisch' zal plaatsvinden en dat betekent dat de twee oppervlakken gelijk zijn:

$$(\Delta p \cdot t)_1 = (\Delta p \cdot t)_2$$

Combineer dat met $\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2$ en je vindt na enig geknutsel:

$$v_1(v_1 \cdot t_1) - v_2(v_2 \cdot t_2) = 0$$

Aan de andere kant weet je: $v_1 > v_2$

dus geldt: $v_2 \cdot t_2 > v_1 \cdot t_1$

Noem A het contactoppervlak met de hand, dan is het debiet per stuiter

$$Q_{\text{netto}} = (v_2 \cdot t_2 - v_1 \cdot t_1) A, \text{ dus positief!}$$

Bron:

Physics today, Ichiro Fukumori, Januari 2017

Als je in Google kamifusen intikt, komen er talloze bestelmogelijkheden voorbij. Ik kocht ze bij: LangZalZeLeven.

Leeglopende ballon

Nodig: ballonnen (zo rond mogelijk), gasdruksensor en Coach 7, touwtje, liniaal.

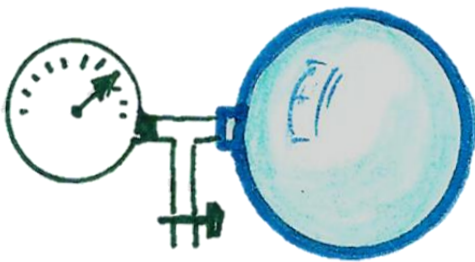
Doel: onderzoek naar de druk in een ballon tijdens het leeglopen.

Theorie:

Stevin vwo katern [Gassen](#)

Uit ervaring weet je dat een ballon opblazen in het begin en aan het eind – als hij bijna knalt – moeilijk is.

Opstelling:



Opdrachten:

Blaas de ballon zo groot mogelijk op en sluit de ballon aan op het T-stuk.

- a** Meet de druk en bepaal van de ballon de straal r .

Doe het kraantje voorzichtig open en laat de ballon een beetje leeglopen en meet opnieuw de druk p en de straal r .

- b** Herhaal dit totdat de ballon leeg is. Noteer je metingen in een tabel.

- c** Maak een $p(r)$ -grafiek.

Neem twee identieke lege ballonnen. Blaas de ene vol op en de andere slechts voor de helft. Sluit de twee ballonnen aan op een rietje (of buisje met een kraantje). Knijp het rietje in het midden dicht zodat de ballonnen nog niet in elkaar leeg kunnen lopen.

- d** Voorspel met behulp van de grafiek van vraag **c** wat er zal gaan gebeuren als je het rietje niet meer dichtknijpt (kraantje open draait). Maak een filmpje van deze proef en licht op je film je voorspelling toe.

Deze proef is op de site te vinden bij [Practicumhandleidingen](#) → voor vwo

An advertisement for two physics textbooks titled 'Stevin natuurkunde'. The background is a night sky with green aurora borealis over a snowy landscape. The two books are shown side-by-side. The left book is for 'VWO' and the right is for 'HAVO'. Both authors are listed as Hubert Bleezeveld, Louis Mathot, and Ruud Brouwer. Below the books, the text reads: 'veel opgaven, veel proeven, veel context en systematisch van opzet'.

bekijk op www.stevin.info de

PRIJSVRAAG

doe mee en win €25,-