

# PROEFPRIKKELS 17

Periodieke uitgave van STEVIN natuurkunde

[www.stevin.info](http://www.stevin.info)

[stevin@stevin.info](mailto:stevin@stevin.info)

mei 2021

## Een smeltende sneeuwbal

Deze proef begon met dit [filmpje](#) dat Ruud rondstuurde op de eerste dag dat er een flink pak sneeuw lag. Hij had zijn leerlingen van achter hun beeldschermen naar buiten gejaagd om sneeuwballen te gaan maken en daaraan te meten. De vraag was: “Maak twee sneeuwballen. Een van één kom sneeuw en de ander van twee kommen sneeuw. Leg ze binnen op een schotel. Hoe groot is de diameter van de grote bal op het moment dat de kleine helemaal is gesmolten?”

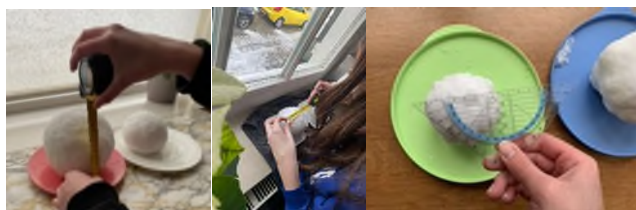
Al gauw bleek dat het een prachtig idee was dat veel enthousiasme, mooie metingen en foto's opleverde, maar theoretisch veel te moeilijk voor een leerlingenprijsvraag. Hubert leidde namelijk af dat de straal van een bol sneeuw in een constant tempo zou moeten afnemen en we verwachtten niet dat leerlingen dat ook zouden verzinnen.



■ Ruud Brouwer en Hubert Biezeveld

### 4 VWO in actie

De leerlingen was gevraagd actiefoto's aan hun antwoorden toe te voegen. De ene zie je nog buiten aan het werk terwijl de ander al binnen met meten is begonnen.

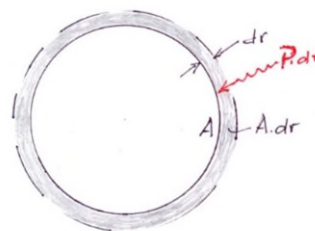


Een simpele maar activerende vraag aan de leerlingen was: probeer de verhouding van de diameters op  $t = 0$  s te voorspellen en experimenteel te bevestigen. Lotte mat 9,2 cm / 6,9 cm = 1,3. Dat komt mooi uit, want als  $V_{\text{groot}} = 2V_{\text{klein}} \Rightarrow \frac{d_{\text{groot}}}{d_{\text{klein}}} = \sqrt[3]{2} = 1,26..$

### Model voor smelten van een sneeuwbal

Bij een sneeuwbal die op een schotel ligt is lastig na te gaan hoe de warmte van buitenaf bij de sneeuwbal komt. Daarom gaat dit eenvoudige model uit van een bol die geen fysiek contact maakt met de buitenwereld. Hij ontvangt de warmte dan alleen via straling vanuit de omgeving.

De energie die op de sneeuwbal valt, laat een bolschil met volume  $V = A \cdot dr$  smelten, met  $A$  het oppervlak van de bol en  $dr$  de dikte van het te smelten laagje.



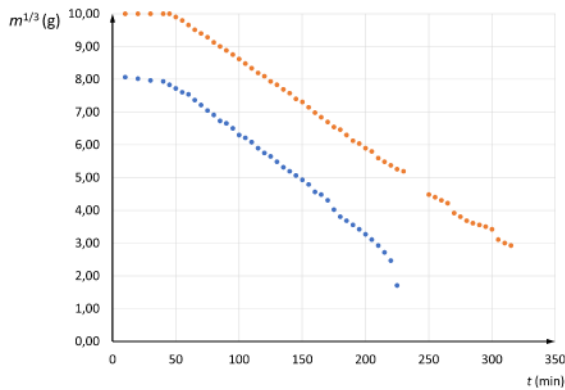
De massa  $dm$  van die bolschil is:  $dm = \rho \cdot A \cdot dr$ . Voor de toegevoerde energie geldt:  $dE = P \cdot dt = k \cdot A \cdot dt$  daarmee wordt de bolschil gesmolten:  $dE = \rho \cdot A \cdot dr \cdot r_s$ .

Er geldt dus:  $k \cdot A \cdot dt = \rho \cdot A \cdot dr \cdot r_s \Rightarrow \frac{dr}{dt} = \frac{k}{\rho r_s}$

Met andere woorden: de straal van de sneeuwbal neemt af in een tempo dat niet afhangt van de grootte van de bol.

## De $m^{1/3}(t)$ -grafiek

Hubert had inmiddels het filmpje doorgestuurd naar een paar vrienden om te laten zien hoe je in coronatijd toch nog voor spannend onderwijs kunt zorgen. Dat was voor Joke Wippoo aanleiding om met twee sneeuwballen te gaan meten. Nadat hij haar verteld had over de voorwaarden van het model, hing ze die sneeuwballen in netjes voor sinaasappels aan twee veerunsters en noteerde ze ruim 5 uur lang ieder kwartier de massa's.



Uit de excel-grafiek van  $m^{1/3}$  tegen  $t$  blijkt dat het model redelijk werkt. Uit de meting van Joke, en later uit onze eigen meting, bleek dat de bol in het begin nauwelijks smolt. Dat komt natuurlijk door het feit dat ijs pas bij  $0\text{ }^\circ\text{C}$  smelt; de ballen zijn in het begin gewoon te koud om te kunnen smelten.

De proef kon in de dagen daarna niet meer herhaald worden doordat de sneeuw niet meer plakte. Daarom was de dichtheid van de sneeuwbal niet te bepalen en die hadden we nodig om de theorie te toetsen.

## Een uitgebreid model

Nadat het basisidee bevestigd was dat de straal in een vast tempo afneemt, hebben we het model uitgebreid door voor  $k$  te gebruiken:  $k = \sigma(T_{\text{kamer}}^4 - T_{\text{bol}}^4)$  waarin  $\sigma$  de constante van Stefan-Boltzmann is.

Omdat de bolschil energie opneemt om op te warmen tot  $273\text{ K}$  hebben we  $dE = \rho \cdot A \cdot dr \cdot (c \cdot \Delta T + r_s)$  gebruikt, zodat voor de richtingscoëfficiënt  $C$  van de trendlijn zou moeten gelden:  $C = -\frac{dr}{dt} = -\frac{k}{\rho(c\Delta T + r_s)}$ .

Voor onze [Coach-meting](#) gold:

$$T_{\text{kamer}} = 294\text{ K} \text{ en } T_{\text{bol}} = 271\text{ K} \Rightarrow k = 118\text{ W/m}^2$$

$$\rho = 989\text{ kg/m}^3, c = 2200\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}, \Delta T = 2\text{ K} \text{ en}$$

$$r_s = 334 \cdot 10^3\text{ J/kg} \Rightarrow C = -4 \cdot 10^{-7}\text{ m/s} = -4 \cdot 10^{-5}\text{ cm/s}.$$

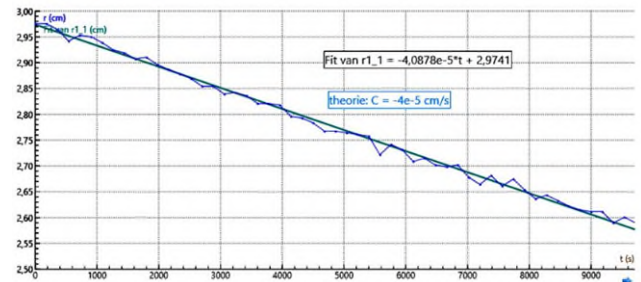
## Meten met Coach aan een ijsbol

Gelukkig vond Ruud online voor 12 euro een mal van siliconen waarmee hij zes prachtige ijsbollen kon maken. Nu kan iedereen in ieder seizoen aan een smeltende ijsbol meten. (Te koop bij o.a. Wehkamp en Bol)



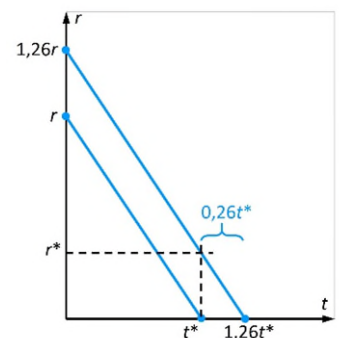
foto opstelling van ijsbol aan krachtsensor moet nog .. en de foto van de mal moet ook nog beter

Laat een touwtje in de mal mee invriezen. Nadat de bol bevroren is, hang je hem op aan een  $F$ -sensor. Stel de meettijd in op minstens drie uur(!) en een meetfrequentie van niet meer dan 20 per uur. In de datab tabel van Coach is de gemeten kracht  $F$  met  $F = mg$ ,  $m = \rho V$  en  $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$  omgerekend naar de straal  $r$  van de bol.



In het filmpje wordt gevraagd hoe groot de grote bol zou moeten zijn als de kleine op  $t^*$  helemaal is gesmolten.

Op  $t = 0$  is de straal van de grote bol  $1,26r$  en van de kleine bol  $r$ .



Uit de figuur volgt:

$$r^* : 0,26t^* = r : t^* \Rightarrow$$

$$r^* = 0,26r \Rightarrow (r^*)^3 = 0,018r^3.$$

$$\text{Verder is } (1,26r)^3 = 2r^3.$$

Op  $t^*$  is het volume van de grote bol is dus 0,9% van zijn oorspronkelijke volume.

# Het nieuwe boekje voor Coach 7.7

We zijn bezig met een nieuwe handleiding voor Coach 7.7. In [Proefprikkel 16](#) gaven we al een voorproefje, maar we hebben inmiddels besloten de instructies via filmpjes te geven. Door de QR-codes te scannen, kun je de voorbeeld filmpjes op je telefoon afspelen. Je kunt ook klikken op de linken >> **Film n** <<.



## >> Film 1 << Nieuwe meting

In deze instructie leer je hoe je inlogt in Coach en een tijdgestuurde meting start. Je sluit een sensor aan op een interface.



### Opdracht 1

Log in bij Coach en kies het gebruikersniveau *Docent*. Start een nieuwe activiteit: *Meten* en kies de interface waarmee je wilt meten. Sluit de interface aan op je computer en ga na of die herkend wordt. Ga na of je de knop van de interface kunt vinden en onderzoek de functie daarvan.

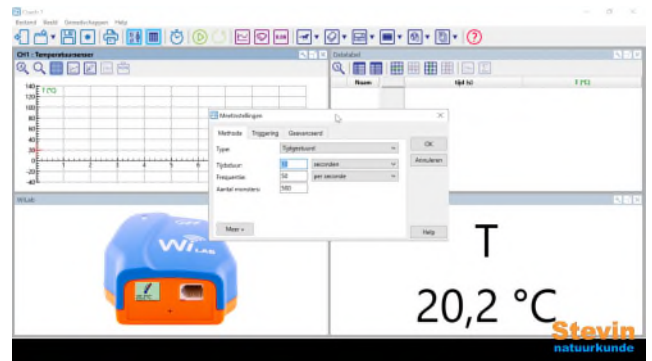
## >> Film 2 << Meetinstellingen

In deze instructie leer je hoe je een sensor aansluit op de interface en hoe je de meetinstellingen kiest via de knop met de stopwatch. Je leert hoe je de gegevens van de sensor weergeeft als waarde en als diagram.



### Opdracht 2

Verbind een temperatuursensor met jouw interface en plaats de *Waarde* in een leeg scherm. Plaats het *T(t)*-diagram in het lege venster linksboven. Kies de *Meetinstellingen* via de knop met de stopwatch.



## Social media

Onze proeven bereiken via [social media](#) nationale en internationale collega's. Zo hebben Ellen de Koster en Charl van Ree samen voor hun masterstudie het '[zonnepaneel van een CD](#)' uitgetoet. In de volle zon haalden ze 85 mV, prachtig! David Featonby heeft onlangs in zijn reeks demonstraties '[What happens next experiments](#)' de proef met de bezem op fietswielen opgenomen.

■ Kim Blankendaal



# Het kanon van de kameleon

Wel eens een stuk gladde zeep uit je handen laten glijpen? Of een kersenspit weggeschoten? Dan weet je hoe een kameleon zijn tong laat uitschieten. Het reptiel richt beide onafhankelijk beweegbare ogen, brengt zijn tong in de aanslag en slaat bliksemsnel toe, te snel om te volgen door een menselijk oog. Die tong wordt daarbij zes keer zo lang.

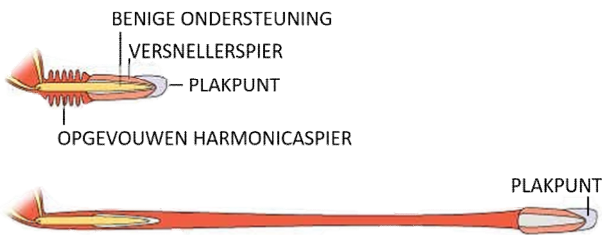


Kun je in de klas iets vergelijkbaars onverwacht laten wegschieten?

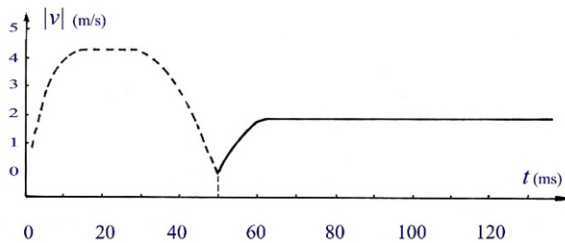
■ Louis Mathot

## Hoe doet ie het?

Je zal maar een insect zijn terwijl een kameleon met ministapjes naderbij sluipt, perfect gecamoufleerd. De ogen focussen tot de prooi scherp in beeld is.

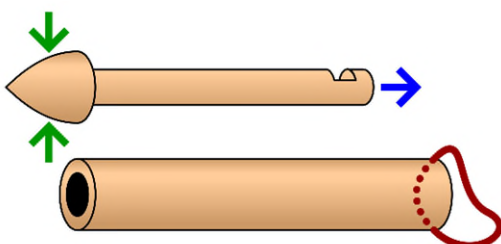


Op  $t \approx 0$  s gaat zijn bek open en **knijpt** hij zijn tong (roze) van het tongbeen (geel) af. Met een  $a$  van 200 tot 400  $\text{m/s}^2$  schiet de plakpunt richting het insect. Op  $t = 50$  ms is het raak. Met de harmonicaspier (die aan de tong vastzit) wordt de buit ingehaald.



## Snapper

Met dit trucje kun je het flitsende knijp-principe van de tongspier aantonen. Zoek een slachtoffer. Je houdt de snapper met duim en vingers vast bij de groene pijlen. Schuif het dunne deel in de huls en acteer *alsof* je de uitsparing aan het elastiekje haakt. Vasthaken is onmogelijk omdat het stokje te kort is, maar dat weet het slachtoffer niet. Trek de snapper er voor ongeveer de helft uit, knijp hard maar onzichtbaar. Het stokje schiet dan met een *snap* de huls in. De illusie is dat dit door het elastiekje komt.



Bevrijd de snapper zogenaamd en zeg: 'nu jij!'

## Elektromagnetisch kanon

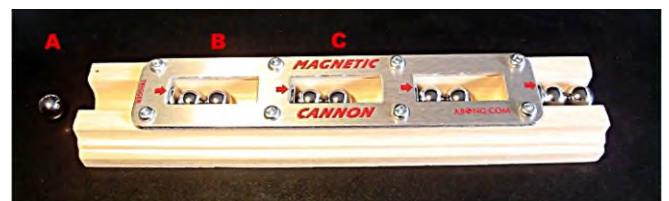


Alexis Debray bootste het tongmechaniek na met een coil gun – niet te verwarren met een rail gun. Het idee voor dit kanon is al oud. Het projectiel – een cilindermagneetje – werd links een

spoeltje ingetrokken tot halverwege door een korte stroompuls en schoot door. Debray gebruikte drie elektrolytische condensatoren ( $3 \times 10$  mF tot 20 V opgeladen) en elektronica voor de korte puls (5V; 8 ms). Maar de proef is te gevaarlijk voor in de klas.

## Gaussgeweer

De kettingreactie die Birkeland voor het eerst opwekte met magnetisme ligt meer voor de hand. Maak zo'n magnetisch kanon en meet de eindsnelheid. Magneten zijn nu sterk en goedkoop en dat is te zien op internet waar heel wat vuurkracht door hobbyamateurs te bewonderen valt: [Gauss-pistool](#). De magneten op de foto (polen één kant op) bevinden zich onder de pijlen. De kogels B, C, ... liggen startklaar: er hoeft niet veel te gebeuren of ze schieten naar de rechter magneet.



Kogel A wordt in de goot gelegd (niet gegooid) en krijgt kinetische energie omdat hij wordt aangetrokken. Bij de botsing wordt een beetje  $E_k$  van kogel A gebruikt om B los te maken. Richting de tweede magneet neemt  $v_B$  flink toe. C schiet dus met grotere snelheid weg bij de tweede magneet dan B bij de eerste. Gevolg:  $v_C > v_B$  en zo verder. Met deze opstelling van 20 cm haal je al een snelheid van ruim 3 m/s.

### Bronnen:

Alexis Debray: Towards a Manipulator Mimicking the Tongue of the Chameleon  
Abong.com: magnetic accelerator