

### Drie onbekende wetten

Aan het eind van ieder hoofdstuk ben je bij **Extra** en **Doen** al veel ideeën tegengekomen die je kunt gebruiken voor eigen onderzoek. Hieronder staan drie wetten uit de natuurkunde waar we op de Havo normaal gesproken niet aan toe komen. Misschien kun je voor het profielwerkstuk een van de volgende wetten met een eigen opstelling ‘op waarheid’ onderzoeken.

#### De wet van Boyle (1662)

*Voor een bepaalde hoeveelheid gas is het product van gasdruk en volume constant.*

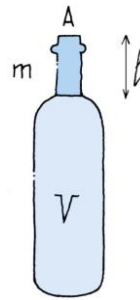
Neem een dichtgeknoopte plastic zak en rol die op. De plastic zak gaat strakker staan. Verklein het volume nog verder en de druk neemt nog verder toe. Dit is de wet van Boyle: maak je het volume twee keer zo klein, dan wordt de druk twee keer zo groot.

Boyle leerde als kleuter al Latijn en Grieks en deed zo vaak stotterende kinderen na, dat hij uiteindelijk zelf ook stotterde. Samen met zijn assistent Hooke – die je kent van de veerkracht – heeft hij de vacuümpomp van Guericke (van de proef met de Maagdenburger halve bollen) verbeterd. Lange tijd was Boyle de enige in Europa die een goed vacuüm kon maken. Hij toonde ook aan dat water bij lage druk eerder kookt en dat geluid zich niet in vacuüm voortplant. In Frankrijk deed Mariotte dezelfde proeven vijftien jaar later. In Frankrijk heet de wet van Boyle dan ook de wet van Mariotte. Boyle had ook al door dat de gasdruk omhoog gaat als de temperatuur omhoog gaat, maar naar die evenredigheid ging hij niet op zoek. Op dat idee kwam Gay-Lussac pas anderhalve eeuw later.

#### De wet van Ohm (1826)

*Het menselijk oor hoort uitsluitend enkelvoudige tonen en ontleedt samengestelde tonen automatisch.*

Dit is waarschijnlijk niet de wet die je had verwacht. De wet waar Ohm bekend van is geworden, gaat over elektriciteit:  $U = I \cdot R$ . Als je naar muziek luistert, weet je wanneer het om een solo van een saxofonist gaat omdat je de tonen van zijn instrument herkent. Bij licht is dat anders. Je oog is niet in staat te onderscheiden uit welke kleuren het licht van een tl-buis bestaat. Helmholtz heeft deze wet van Ohm wat later beter geformuleerd en ook veel proeven gedaan met klank-ruimtes. Als je op een wijnfles blaast, hoor je een toon omdat de lucht in de hals trilt op de lucht in de fles.



Voor de grondtoon van zo'n fles vond hij:

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V \cdot l}}$$

#### De wet van Weber (1860)

*De sensatie is evenredig met de logaritme van de prikkel.*

Als je een zware tas met boodschappen in je hand houdt en iemand doet daar een pak suiker bij, dan voel je dat nauwelijks. Is je plastic tas bijna leeg, dan voel je die extra kilogram meteen. Weber heeft dit verschijnsel als eerste beschreven. Hoe kleiner het oorspronkelijke gewicht, hoe sneller het zintuig de verandering opmerkt. Dus als je een verandering van 1,0 kg naar 1,1 kg (toename 10%) nog net merkt, dan voel je een toename van 10 kg naar 11 kg ook, maar van 10,0 kg naar 10,1 kg niet. Onze zintuigen meten in verhoudingen en niet in verschillen. Weber stelt dat zijn wet voor alle zintuigen geldt, dus ook voor licht en geluid. Ook is volgens Weber ‘erf’ gevoeliger dan ‘erbij’.

Toen in 2002 de euromunten werden ingevoerd, vonden veel mensen het verschil van 9,7% in diameter tussen de munten van 1 en 2 euro te klein om zonder te kijken te kunnen zeggen welke munt je in je hand hebt. Opmerkelijk is dat deze klachten na verloop van tijd verdwenen. Zou je na oefening kleinere verschillen kunnen waarnemen of is het zo dat mensen doorkrijgen dat klagen tegen de overheid geen zin heeft?

Fechner formuleerde de wet van Weber iets wiskundiger, voor het verband tussen de sensatie  $S$  en de prikkel  $P$  geldt:  $S = \text{constante} \cdot \log P$ .

Het bekendste voorbeeld hiervan is de formule voor het geluidsniveau  $L$ :

$$L = 10 \cdot \log \left( \frac{\text{herrie}}{1 \cdot 10^{-12}} \right)$$

In de astronomie kent men de magnitudeschaal om de helderheid van sterren weer te geven en te vergelijken. Ook die schaal werkt met een logaritme. Zie de tabellen 32 en 33 van *Binas*. Meer over dit soort wetten kun je vinden in *Archimedes*, *Newton*, *Murphy* van Hans van Maanen.