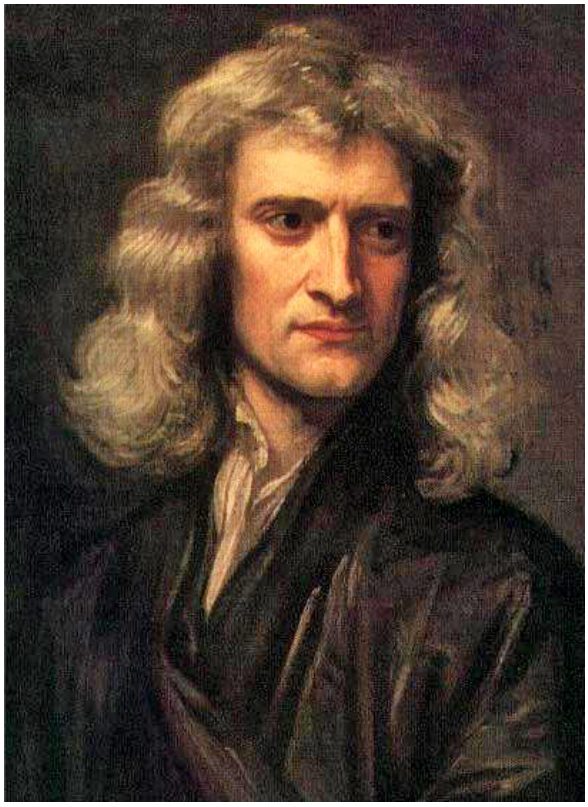
De wetten van Newton (I)

Iedereen heeft wel eens gehoord van de wetten van Newton. Maar wat houden deze natuurwetten precies in? En wat is hun status in de huidige natuurkunde? In deze serie van artikelen zullen we deze vragen beantwoorden. We beginnen met de eerste wet van Newton.

De wetten van Newton beschrijven hoe objecten bewegen onder invloed van krachten. In het dagelijks leven zien we overal om ons heen voorwerpen die zich langs allerlei verschillende banen verplaatsen. Het is lastig om uit al die indrukken algemene wetten voor beweging af te leiden, vooral omdat onze intuïtie vaak misleidend is. In 1687 formuleerde Isaac Newton in zijn meesterwerk — de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* — drie wetten die het verband tussen kracht en beweging beschrijven. Hoewel Einsteins algemene relativiteitstheorie de wetten van Newton eigenlijk heeft vervangen, volstaan die laatste nog steeds om alledaagse fenomenen op aarde te beschrijven, zoals de beweging van biljartballen, de versnelling van een auto, het opstijgen van een raket, et cetera.



Afbeelding 1. Isaac Newton (1643-1727)

De eerste wet van Newton

Een object waarop geen resulterende kracht werkt, is in rust of beweegt zicht rechtlijnig met constante snelheid voort.

Deze wet werd eigenlijk voor het eerst door Galileo Galilei opgeschreven. De eerste wet zegt ten eerste dat een object in rust (bijvoorbeeld een voetbal) in rust blijft tenzij er een kracht op werkt (ik schop tegen de voetbal). Maar hetzelfde geldt voor objecten die met constante snelheid in een rechte lijn bewegen: die blijven dat doen als er geen resulterende kracht op werkt. Als je dit tegenintuïtief vindt, dan ben je in goed gezelschap. De Griekse wijsgeer Aristoteles dacht namelijk dat er een kracht nodig is om voorwerpen in beweging te houden. De natuurlijke toestand van een object was volgens hem de toestand van rust. Galilei sprak dit tegen: hij realiseerde zich dat het net zo ‘natuurlijk’ is voor een object om te bewegen met constante snelheid als om in rust te zijn.

Hoe kan het dan dat een bewegende voetbal uiteindelijk tot stilstand komt? Dat komt doordat er externe krachten op de voetbal werken: rolwrijving als hij over de grond rolt, of luchtweerstand en zwaartekracht als hij door de lucht vliegt. Deze krachten zorgen ervoor dat de bal vertraagt en uiteindelijk tot stilstand komt.

Let goed op de formulering van de eerste wet: het gaat over objecten waar geen *resulterende* kracht op werkt (zulke objecten worden ook wel *vrij* genoemd). De wet geldt ook voor voorwerpen waar wel krachten op werken, maar waarbij de som van alle krachten nul is. Bij het optellen van alle krachten moeten we rekening houden met het feit dat krachten niet alleen een grootte maar ook een richting hebben. Als ik bijvoorbeeld een winkelwagen voortduw met constante snelheid, dan oefen ik een kracht uit die even groot en tegengesteld is aan de wrijving tussen het wagentje en de grond. Doordat de krachten even groot zijn en in tegengestelde richting staan, is de netto kracht op de winkelwagen nul en is de eerste wet van toepassing.

Video 1. Uitleg van Newtons eerste wet door Europese Ruimtevaartorganisatie.

Inertiaalstelsels

Het zal je misschien niet verbazen dat Newtons eerste wet niet in alle situaties, of beter gezegd *referentiestelsels*, geldt. Neem bijvoorbeeld een trein die plotseling tot stilstand komt. Uit ervaring blijkt dat een koffie kopje dat in eerste instantie stilstond op tafel — omdat de trein met constante snelheid bewoog — in beweging kan komen en op je schoot kan vallen (als je achteruit rijdt tenminste). Dit betekent dat in een versneld of vertraagd referentiestelsel (zoals de trein) de eerste wet niet geldt: voorwerpen in rust kunnen opeens in beweging komen. Bovendien versnellen of vertragen voorwerpen in zulke referentiestelsels en dat valt niet onder de eerste wet.

Referentiestelsels waarin de eerste wet wel geldt worden *inertiaalstelsels* genoemd, omdat stilstaan en bewegen met constante snelheid *inerte* of *trage* bewegingen zijn. Op zich heeft deze definitie niet zo veel betekenis. We hebben gewoon een naam gegeven aan stelsels waarin de eerste wet geldt. Wat wel betekenis heeft, is de claim dat zulke referentiestelsels *bestaan*. Het is diepzinnig dat er referentiestelsels in het universum voorkomen met betrekking waartoe de eerste wet geldt. Hoe weten vrije deeltjes in welke richting en met welke snelheid ze moeten bewegen? Waarom bewegen die deeltjes in een rechte lijn en met constante snelheid? Op deze vraag naar de *verklaring* van de eerste wet had Newton geen antwoord.

Concluderend is de eerste wet van Newton dus eigenlijk een existentieclaim: *er bestaan inertiaalstelsels in de natuur*. Het is interessant om op te merken dat een soortgelijke wet wel natuurlijk volgt uit de algemene relativiteitstheorie van Einstein. In Einsteins theorie wordt het gedrag van vrije deeltjes niet gepostuleerd zoals bij Newton, maar kan het worden afgeleid uit de vorm van de bewegingsvergelijkingen. Dit wordt door sommigen zelfs als verklaring van de eerste wet gezien, maar eigenlijk wordt het probleem verplaatst naar de bewegingsvergelijkingen: waar komen die immers vandaan? Idealiter zouden we de eerste wet op een microscopische manier willen verklaren. Als we een microscopische beschrijving van (de interactie tussen) ruimte en materie vinden, dan zouden we ook moeten begrijpen waarom vrije deeltjes aan de eerste wet voldoen. Een dergelijke microscopische verklaring laat echter nog op zich wachten.