

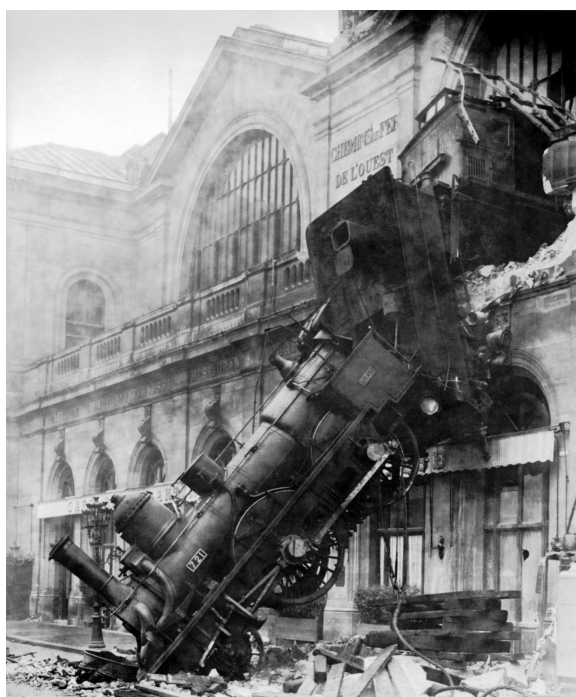
Inleiding

Opmerking 1. Deze open-source cursus is in ontwikkeling. Leerkrachten en leerlingen die van dit materiaal gebruik maken kunnen eenvoudig fouten/verbetering/... melden:

- via de 'wijzig' knop kan je zelf kleine fouten en typo's aanpassen. ([extra uitleg](#))
- een mail sturen naar info@wiskunde.opmaat.org

Dit materiaal wordt ontwikkeld als open-source project via [zulip](#).

Op 22 oktober 1895 gebeurde er in het eindstation Gare Montparnasse – Parijs, een ongeluk. De treinbestuurder was door het station gereden en pas 30 meter voorbij het einde van het spoor tot stilstand gekomen.



Figuur 1: Gare Montparnasse. Parijs 1895

De figuur ademt de onvermijdelijke wet van de traagheid uit ...

Definitie 1. De wet van de traagheid

Een voorwerp behoudt zijn toestand van rust of van eenparige rechtlijnige beweging, tenzij er een resulterende kracht op werkt.

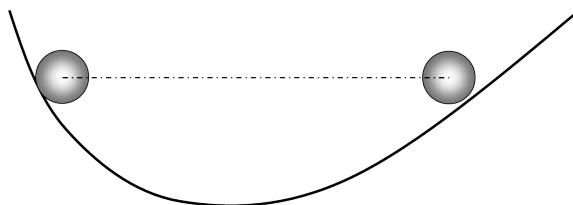
Je zal zeggen dat je met die wet al vertrouwd bent. Maar zoals zo vaak, blijken we zonder het te beseffen niet zomaar alle consequenties in rekening te brengen. Onze ervaring uit het dagelijks leven wil wel eens roet in het eten strooien. Zo zijn we vertrouwd met het feit dat fietsen toch enige inspanning en dus kracht vergt. Zeker als de wind tegen zit. We zouden dus kunnen aannemen dat – willen we bewegen – we steeds een kracht nodig hebben en willen we harder bewegen, we een grotere kracht nodig hebben. Die kracht zou dan moeten dienen om om het streven naar de 'natuurlijke' toestand van rust, tegen te gaan en de snelheid te onderhouden. Wat denk je, is dit niet in strijd met de wet van de traagheid ...?¹

Laten we – om deze misvatting te bestrijden – een gedachte-experiment uitvoeren. We doen dus niks concreets – enkel redeneren. Het is een gedachte-experiment van Galileo Galilei (1564-1642). Om het uit

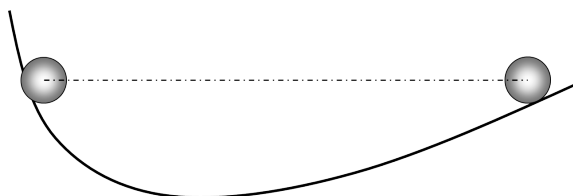
¹Als je tegen een topsnelheid van 300km/h in de Thalys richting Parijs zit, voel je de zetel dan harder tegen jou duwen dan dat ze dat doet wanneer je nog stilstaat in Brussel-Zuid ...?

Inleiding

te voeren hebben we een speciale knikkerbaan nodig, eentje zonder wrijving.² Laten we ervan uitgaan dat we in het bezit zijn van zo'n uiterst zeldzame baan. Onderstaande figuur toont dan de situatie waarin we een knikker op een bepaalde hoogte aan de linkerkant loslaten. Omdat er geen wrijving is, zal – omwille van behoud van energie – de knikker op de andere helling tot eenzelfde hoogte rollen, daar momentaan stilvallen en vervolgens terugrollen.



Als we vervolgens de rechterhelling vlakker maken, zoals in onderstaande figuur, zal ons knikkertje ook nu tot dezelfde hoogte rollen. En dit ongeacht de grotere afstand. De energie-inhoud moet immers gelijk blijven.



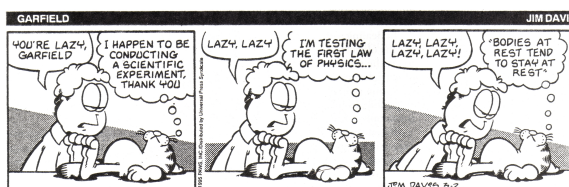
Als laatste stap in onze redenering, misleiden we ons knikkertje³. Het knikkertje moet – zo hebben we het hem verteld – een tijdje horizontaal rollen om pas dan de rechterhelling te kunnen oprollen. Opnieuw tot dezelfde hoogte. Nu hebben we echter de rechterhelling oneindig ver weg gezet! Ons arm knikkertje zal dus blijven rollen (herinner u, er was geen wrijving) in de veronderstelling de helling ooit te zullen tegenkomen.



Gedurende het rollen op het horizontale stuk is de knikker dus niet onderhevig aan een voorwaartse kracht!⁴ De beweging moet niet worden 'onderhouden'.

Uit ons gedachte-experiment kunnen we concluderen dat er een kracht nodig was om de knikker in beweging te brengen maar dat er *geen* kracht nodig is om de beweging van de knikker op een rechte lijn en met een constante snelheid te onderhouden. Er is dus geen recht evenredig verband tussen kracht en snelheid⁵. Kracht en snelheid kunnen zelfs tegengesteld zijn – denk maar aan de wrijvingskracht die de beweging tegenwerkt.

De tendens van lichamen om zich te verzetten tegen de verandering van beweging, noemen we *inertie* of *traagheid*. Hoe groter de massa, hoe meer een voorwerp zich verzet.



²Ik heb horen zeggen dat er lang geleden een klein winkeltje bestond dat dergelijke knikkerbanen verkocht. Doorheen de jaren is het adres echter verloren gegaan. Niemand weet meer waar het zich bevindt ...

³Mag dat wel?

⁴Wie zou immers die kracht uitoefenen ... ?!

⁵Moest je dat al denken.

Inleiding

Voorbeeld 1. Wanneer je met de fiets fietst, rechtdoor en met een constante snelheid, is de kracht die je voorwaarts uitoefent dan groter, kleiner of gelijk aan de weerstandskracht die achterwaarts is gericht? Is met andere woorden de resulterende kracht op jouw fiets naar voren gericht, nul of naar achteren gericht? Eenmaal in beweging, is er geen kracht meer nodig om de beweging te onderhouden. Je moet blijven trappen om een even grote kracht als de weerstandskracht te kunnen genereren. Natuurlijk, om in beweging te komen, heb je wel een netto kracht naar voor toe nodig. Bij het remmen is de resulterende kracht dan weer naar achteren gericht.