

1. Zwaartekracht

Als een appel van een boom valt, wat gebeurt er dan eigenlijk?

Er is iets dat zorgt dat de appel begint te vallen. De geleerde Newton kwam er in 1684 achter wat dat iets was. Hij kwam er achter dat de appel door de aarde wordt "aangetrokken".

Newton kwam er achter dat die aantrekking zorgt dat een appel naar beneden valt, maar ook dat de maan om de aarde draait en de aarde om de zon, en niet zomaar wegvliegen!

Elk ding met gewicht trekt elk ander ding met gewicht aan. Dus de aarde trekt een appel aan, de maan trekt de aarde aan, enzovoort.

Als twee dingen elkaar "aantrekken" zeggen we dat ze een "kracht" op elkaar uitoefenen. In dit geval dus de *zwaartekracht*.

Dingen met gewicht zijn bijvoorbeeld een appel, de mens, aarde, de lucht, etc. Dingen zonder gewicht zijn bijvoorbeeld licht. Het is eigenlijk *massa* en niet gewicht, zie de volgende bladzijde.



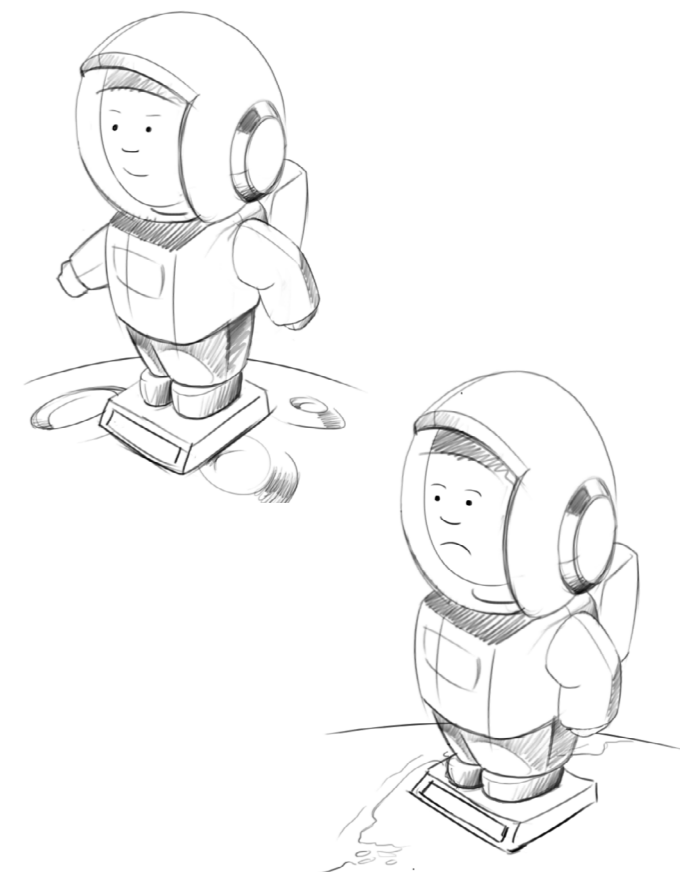
Hoe groot is die zwaartekracht nu eigenlijk?

Misschien heb je wel eens filmpjes van de astronauten op de maan gezien. Astronauten wegen op de maan veel minder, 6 keer zo weinig. Maar het is niet dat ze veel magerder zijn geworden. Hun *massa* is nog steeds hetzelfde. Geleerden bedoelen met massa hoeveel iets zou wegen als je het op de aarde op een weegschaal zou zetten.

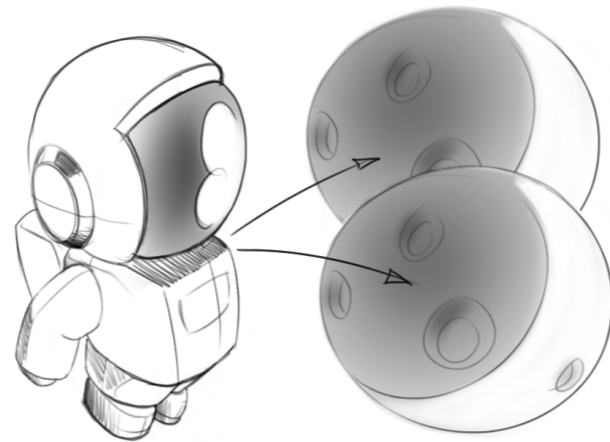
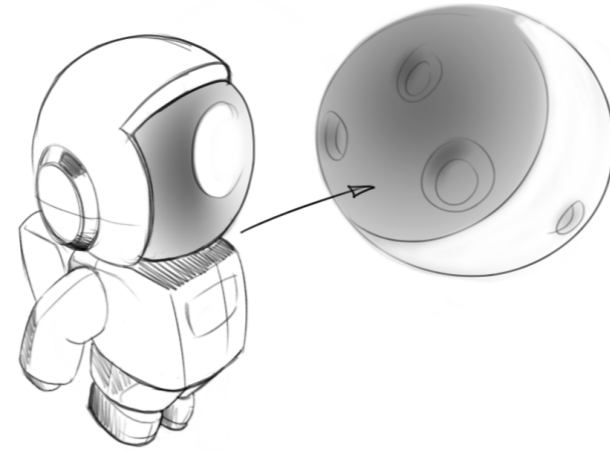
Als je een astronaut die 66 kg weegt, op de maan op een weegschaal zet, wijst die weegschaal 11 kg aan. Die astronaut is natuurlijk geen massa kwijt geraakt, die is nog steeds 66 kg.

Waarom is die astronaut dan toch zo veel lichter op de maan?

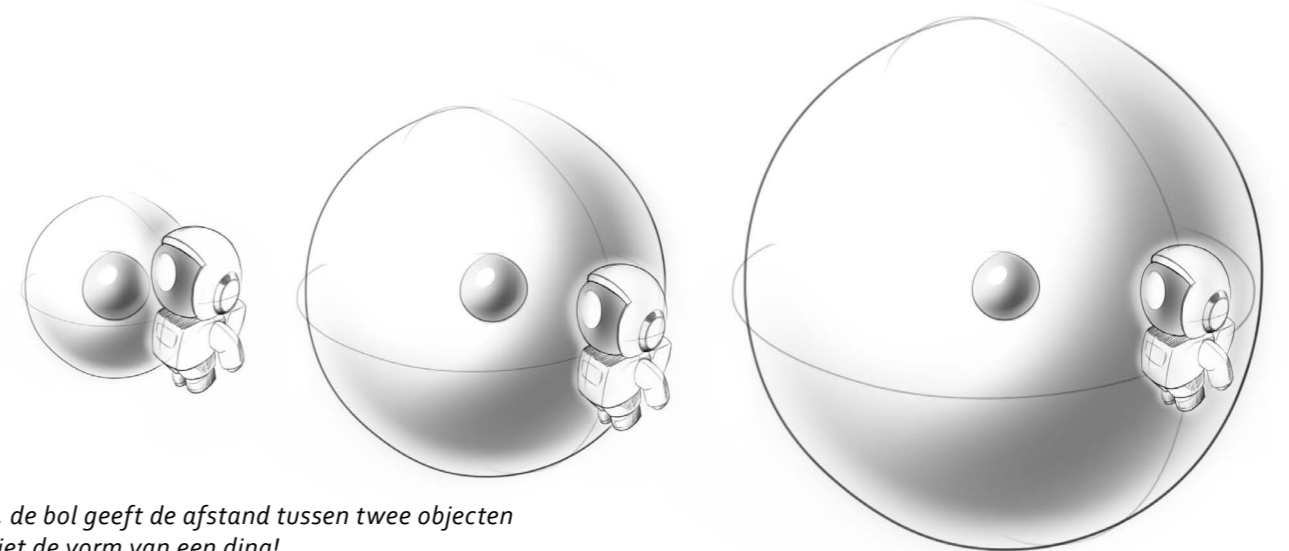
Omdat de maan veel minder hard aan hem trekt. En dat komt omdat de maan zo veel minder weegt dan de aarde. De maan heeft minder massa. Daardoor trekt hij minder aan de astronaut.



Wat blijkt nu, als een ding 2 keer zo zwaar is, dan trekt hij andere dingen ook 2 keer zo hard aan. Eigenlijk is dit heel logisch. Een astronaut in de ruimte boven één maan wordt aangetrokken door die maan. Een astronaut boven twee manen wordt natuurlijk even hard door elke maan aangetrokken. Dus is de kracht dan twee keer zo groot, want er zijn twee manen.



Dus dan zou de massa van de maan 6 keer zo klein moeten zijn? Dat klopt niet helemaal, want er is ook nog een andere regel. Als de afstand tussen de dingen 2 keer zo groot is wordt de kracht namelijk 4 keer zo klein! Hoe komt dat nu weer? Je kan de kracht voorstellen als iets dat wordt uitgezonden vanuit het ding met massa. En dat uitzenden gaat alle kanten op, in de vorm van een bol. De kracht verdeelt zich eigenlijk over de bol. Als de afstand 2 keer zo groot is, is de bol ook 2 keer zo groot, dus de afstand tussen de kern van de bol en zijn schil is echter 4 keer zo groot geworden! De kracht moet zich helemaal uitspreiden over dat oppervlak, dus wordt de kracht ook 4 keer zo klein. Als de afstand 3 keer zo groot is, is het oppervlak van de bol 9 keer zo groot, en de kracht 9 keer zo klein!



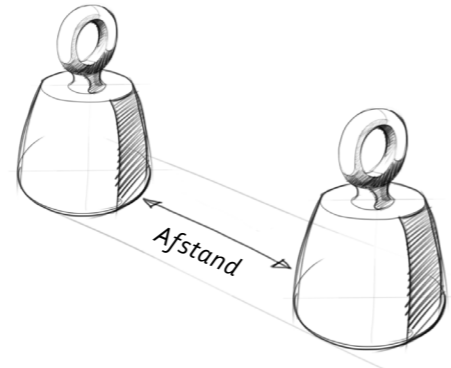
Let op, de bol geeft de afstand tussen twee objecten aan, niet de vorm van een ding!

Kunnen we nu dan de kracht bepalen tussen dingen? Als we de afstand en de massa's van de 2 dingen weten, ja! dan kunnen we dat.

Geleerden maken hier graag regels van. Ze noemen dat *formules*.

Voor de zwaartekracht geldt de volgende formule:

$$\text{Zwaartekracht} = G \times \frac{\text{Massa 1} \times \text{Massa 2}}{\text{Afstand} \times \text{Afstand}}$$



Die G is een vast getal, die mag je nu nog even vergeten, daar komen we later op terug.

Wat je ziet in de formule is dat als 1 van de 2 massa's 2 keer zo groot is de zwaartekracht ook 2 keer zo groot is! Als ze allebei 2 keer zo groot zijn wordt de kracht 4 keer zo groot.

$Afstand \times Afstand$ staat onder de streep. Dat houdt in dat als de afstand 2 keer zo groot is, de kracht 4 keer zo klein is.

Hoe weten we nu of de formule klopt?

Het simpele antwoord is testen! Je maakt een massa 2 keer zo groot en kijkt of de kracht werkelijk 2 keer zo groot wordt. Maar er zit meer achter... zie de volgende bladzijde!

Hoe werken geleerden en wetenschappers eigenlijk?

Geleerden en wetenschappers proberen voor alles formules te maken. Daarna proberen ze die formules te testen. Ze proberen allerlei verschillende dingen uit en kijken of de uitkomst van de formule steeds klopt. Wat als de uitkomst voor een bepaald ding niet klopt? Dan is blijkbaar de formule niet goed! Dan passen ze de formule een beetje aan, of als dat niet werkt dan maken ze een hele nieuwe.

Wetenschappers proberen dus steeds hun eigen verzinsels onderuit te halen!

Een geleerde of wetenschapper is dan ook het blijft als een formule niet blijkt te kloppen. De beroemdste geleerden en wetenschappers zijn personen die er achterkwamen dat de formules toch niet klopten!



Geleerden houden ervan als een zo simpel mogelijke formule alles verklaart! Vaak is het zo dat er verschillende mogelijke verklaringen of formules zijn voor dezelfde dingen. Geleerden kiezen dan heel vaak de formule of regel met de minste "frutsels". Pas als het niet lukt om met de simpelste formule goede voorspellingen te doen kiezen ze voor de ingewikkeldere formule (maar dan moet die WEL alles goed voorspellen).

Weer terug naar de zwaartekracht. Wat doet een kracht nu eigenlijk met dingen?

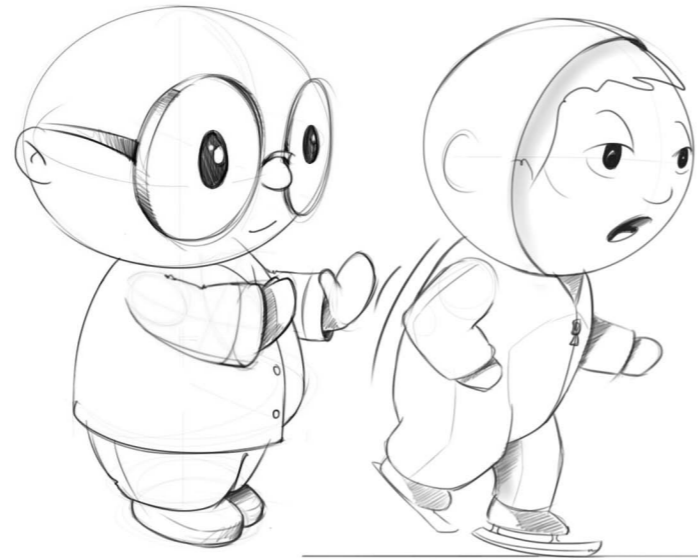
Een kracht verandert de snelheid van een ding. Stel dat een schaatser op het ijs staat. En jij geeft die schaatser een duw, je oefent een kracht op hem uit. Dan verander je de snelheid van die schaatser, hij beweegt van je af. Als het ijs perfect glad zou zijn, en er geen luchtweerstand is, dan zou de schaatser blijven bewegen totdat iets of iemand anders weer een kracht op hem uitoefent.

De verandering van de snelheid noemen we de *versnelling*.

Als je een 2 keer zo zware schaatser zou hebben en je geeft dezelfde duw dan zou hij 2 keer zo langzaam gaan. Dus als de massa 2 keer zo groot is, is de versnelling 2 keer zo klein.

Dit kunnen we weer in een formule stoppen:

$$\text{Versnelling} = \frac{\text{Kracht}}{\text{Massa}}$$



Maar hoe hard je duwt is niet het hele verhaal. Als je een tijdje blijft duwen ga je sneller en sneller. Als je met dezelfde kracht 2 keer zo lang blijft duwen ga je op het eind ook 2 keer zo hard. Ook dit kunnen we weer in een formule stoppen:

$$\text{Snelheid} = \text{Versnelling} \times \text{Tijdsduur}$$

Maar hoe zit het dan met een auto? Als je daar de hele tijd op het gaspedaal blijft drukken zou je dan toch steeds sneller moeten gaan? Waarom bereik je dan op een gegeven moment een constante snelheid?

Omdat bij de eindsnelheid de kracht die de motor geeft, de duw, gelijk is aan de kracht die de lucht* op de auto duwt. De kracht in totaal is dan nul, en de versnelling is dan ook nul. Dus verandert de snelheid niet meer.

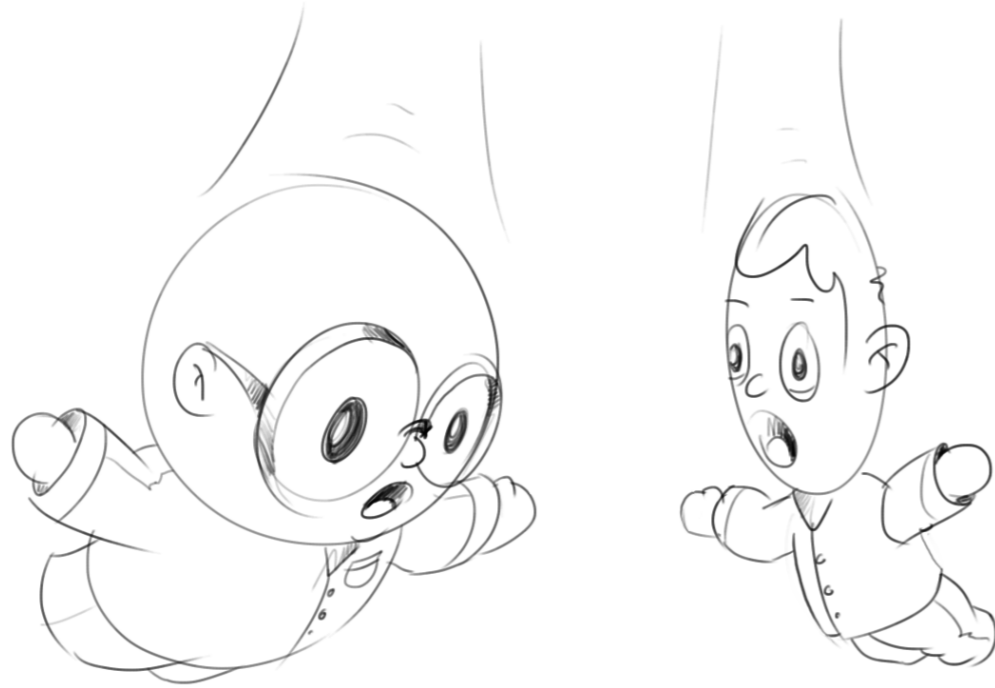


* De weg duwt ook nog tegen de banden, dus het is niet alleen de lucht die duwt.

Nog even terug naar de zwaartekracht. We hebben gezien dat de zwaartekracht groter is als je gewicht (massa) groter is. Als een dik en een dun iemand uit een boom springen, valt een dikker iemand dan ook sneller?

De kracht die de aarde op de dikkere uitoefent is een stuk groter. Maar zoals je op de vorige bladzijden hebt gezien is het effect van die kracht op de versnelling een stuk kleiner, omdat zijn massa (gewicht) groter is.

Het eindresultaat is dat ze allebei even snel vallen.



Wat weten we nu?

We weten dat:

- dingen met massa elkaar aantrekken.
- de aantrekkingskracht tussen die dingen groter is als de massa groter is.
- als de afstand 2 keer zo groot is, de kracht 4 keer zo klein is.
- de kracht, samen met de massa, bepaalt hoe groot de versnelling is.
- de versnelling bepaalt hoe de snelheid verandert.

Is de zwaartekracht dan de enige kracht die er is?

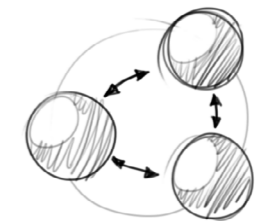
Nee, er zijn nog 3 andere krachten.

Dit zijn

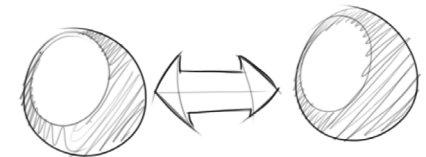
- de *elektromagnetische kracht*,
- de *sterke kernkracht* en
- de *zwakke kernkracht*.



Elektromagnetische kracht



Sterke kernkracht



Zwakke kernkracht