De wet van Hubble

Als we in de nacht naar de hemel kijken, zien we dat de zon, waar de aarde omheen draait, niet de enige ster is in het heelal. Door waarnemingen met telescopen en satellieten weten we dat de sterren die we zien onderdeel zijn van een sterrenstelsel. Bovendien bevat het heelal gigantisch veel van deze sterrenstelsels. In 1929 ontdekte Edwin Hubble iets heel bijzonders, namelijk dat alle sterrenstelsels die hij waarnam van ons af lijken te bewegen! In dit artikel leg ik uit hoe we deze observatie kunnen verklaren.

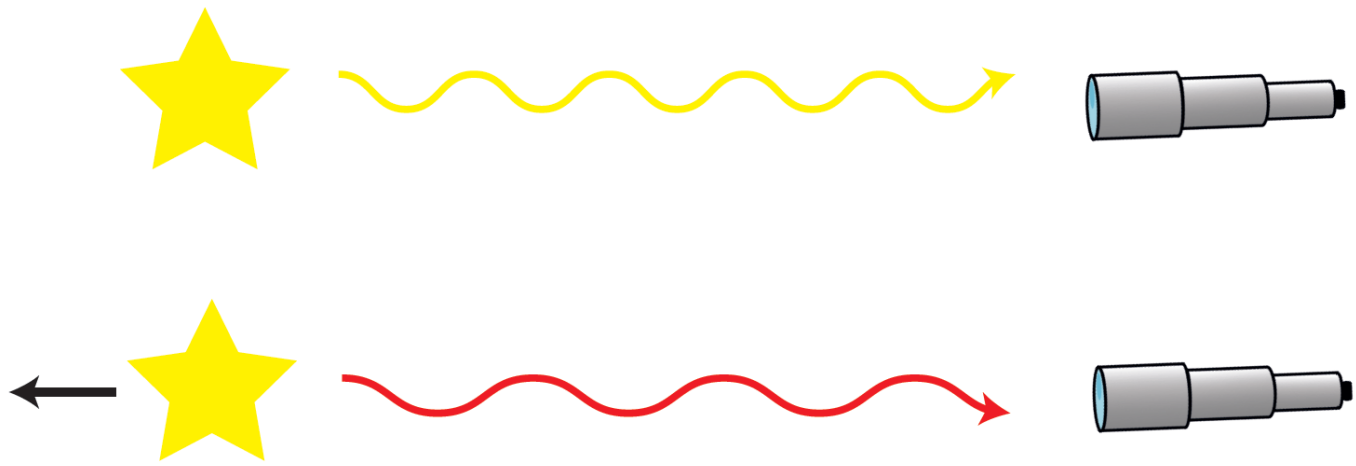


Afbeelding 1. De Hooker Telescope.De Hooker Telescope van het Mt. Wilson Observatory, waarmee Edwin Hubble zijn metingen deed. Foto: Doc Searls. (CC BY 2.0)

Allereerst zullen we moeten begrijpen hoe Hubble zijn meting heeft uitgevoerd. Met de

Hooker Telescope in de Verenigde Staten, wat destijds de grootste telescoop ter wereld was, mat Hubble de felheid van een speciaal type ster, *Cepheïde* genaamd, waarvan precies bekend is hoeveel licht deze uitzendt. Hoe zwakker zo'n ster eruitziet vanaf de aarde, hoe verder hij van ons verwijderd is. Op deze manier kon Hubble de afstand tot meerdere sterrenstelsels bepalen.

Nu is het zo dat, wanneer een ster licht uitzendt met een bepaalde golflengte en deze ster zich van ons af beweegt, de lengte tussen twee opeenvolgende golftoppen wat groter is dan wanneer de ster niet zou bewegen. Op aarde meten we dus een iets langere golflengte. Dit is een voorbeeld van het *Dopplereffect*, waarover we eerder schreven. Voor licht wordt deze verschuiving, die evenredig is met de snelheid van de ster, *roodverschuiving* genoemd, omdat zichtbaar licht er iets roder uitziet.



Afbeelding 2. Roodverschuiving.Het licht dat wordt uitgezonden door een ster die van ons af beweegt, ziet er roder uit dan het licht van een zelfde ster die niet beweegt. Dit effect kan worden gebruikt om de snelheid van een ster te bepalen.

Hubble combineerde zijn meting van de afstand tot verschillende sterrenstelsels met de roodverschuiving van de sterren in deze sterrenstelsels, en ontdekte dat die stelsels vrijwel allemaal van ons af bewegen met een snelheid gegeven door

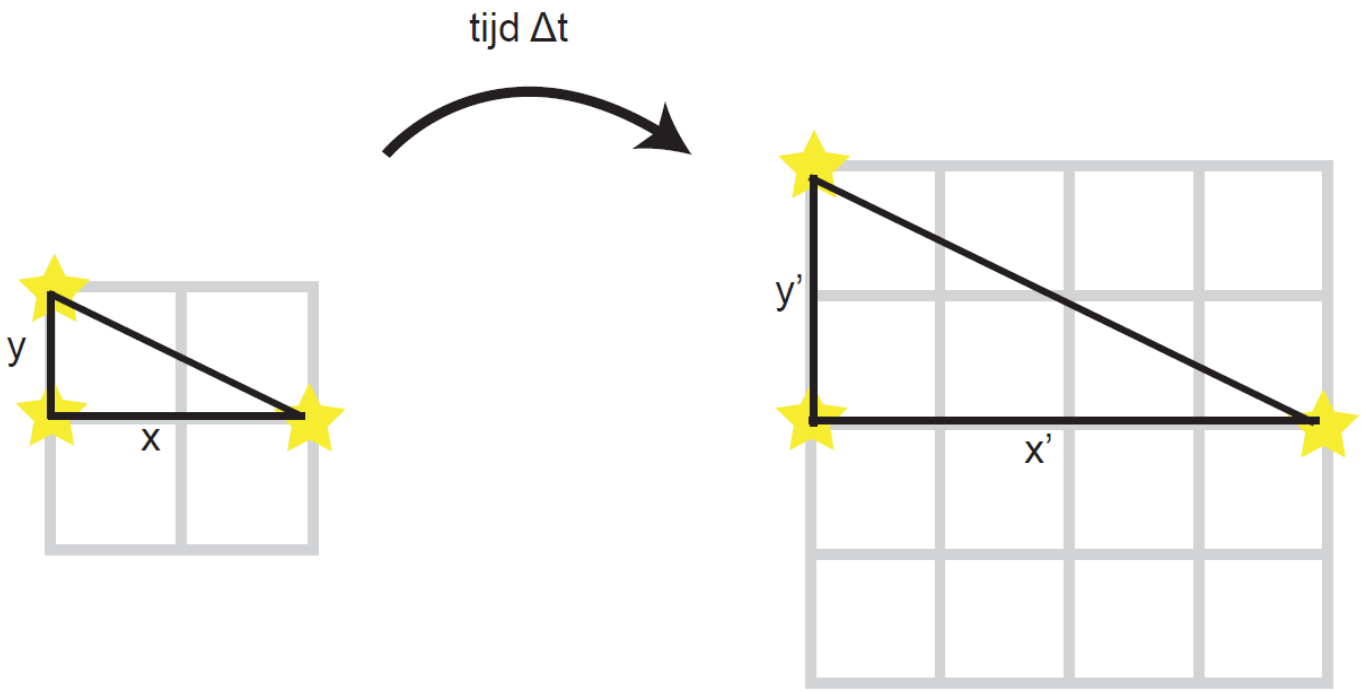
$v = H_0 d$.

Hier is de afstand tot het sterrenstelsel en een constante, de Hubbleconstante genoemd. De tegenwoordig gemeten grootte van de Hubbleconstante, zoals bepaald aan de hand van de roodverschuiving van supernovae (ontploffende sterren), is 73 km/s/Mpc. Een megaparsec

(Mpc) is een afstandsmaat, die grofweg gelijk is aan 3×10^{19} km. Dus hoe verder een sterrenstelsel van ons verwijderd is, hoe het zich van ons af beweegt! Dit verband wordt de *wet van Hubble* genoemd.

Op basis van deze observatie lijkt er iets vreemds aan de hand. Het is namelijk alsof we ons in het centrum van het heelal bevinden, aangezien alle sterrenstelsels zich van ons af lijken te bewegen. Een waarnemer op een andere ster zou echter precies hetzelfde zien en ook dezelfde conclusie trekken. Maar hoe verklaren we dat sterrenstelsels die verder verwijderd zijn van ons een hogere snelheid lijken te hebben?

Dat dit mogelijk was werd al eerder voorspeld: in 1922 door de Russische wis- en natuurkundige Alexander Friedman en in 1927 door de Belgische natuurkundige en priester Georges Lemaître. Door naar oplossingen van de algemene relativiteitstheorie van Albert Einstein te kijken ontdekten zij dat het heelal kan uitdijen. De sterrenstelsels lijken dus van ons af te bewegen omdat de ruimte tussen de sterrenstelsels uitdijt! Dit verklaart meteen waarom een sterrenstelsel dat verder van ons verwijderd is sneller van ons af beweegt – zie afbeelding 3.



Afbeelding 3. De uitdijing van het heelal.Door de uitdijing van het heelal bewegen alle sterrenstelsels van

elkaar af. Een sterrenselsel dat verder is verwijderd van ons beweegt sneller van ons af.

Dit inzicht heeft uiteindelijk geleid tot ons tegenwoordige begrip dat het universum uitdijt, en dat het in het verleden is ontstaan uit een *oerknal*. Precieze metingen laten zien dat de Hubbleconstante constant is op verschillende plekken in het heelal, maar niet in de tijd. De snelheid van de uitdijing van het heelal was dus niet altijd hetzelfde! In een toekomstig artikel zullen we hierop terugkomen en laten we zien hoe dit heeft geleid tot een beter begrip van het verleden van ons heelal.