KOSMISCHE BUBBEL

Omdat feiten je model niet in de weg mogen staan

Het begon allemaal met een ‘knal’, als je de hedendaagse kosmologen mag geloven, en wel 13,78 miljard jaar geleden. Die oerknalhypothese staat te boek als een wetenschappelijke theorie. Maar een van de kenmerken van goede wetenschap is dat je model overeenkomt met de werkelijkheid. Bij de oerknaltheorie is dat niet zo. Daarom heeft men een ‘hulptheorie’ bedacht: de kosmische bubbel. Kan die het oerknalmodel redden van de feiten?

Tot en met het begin van de twintigste eeuw dacht men dat het heelal niet veel groter was dan het Melkwegstelsel. Maar naarmate de telescopen beter werden en men de hemel nauwkeuriger kon bestuderen, kwam men erachter dat het heelal toch een tikje groter moest zijn. Het was de Amerikaanse sterrenkundige Edwin Hubble (1889-1953) die op basis van zijn waarnemingen ontdekte dat het universum niet alleen erg groot is, maar ook nog eens uitdijt. Dit kun je wiskundig beschrijven met de wet van Hubble, ook wel de wet van Hubble-Lemaître genoemd, omdat de Belgische astronoom-priester Georges Lemaître (1894-1966) onafhankelijk van Hubble tot dezelfde conclusies kwam.

HUBBLES WET

De wet van Hubble stoelt op de aanname dat het heelal uitdijt. Deze wet stelt dat hoe verder een object (zoals een sterrenstelsel) zich van de waarnemer bevindt, hoe sneller het zich bij die waarnemer vandaan beweegt. Dat klinkt lastig, maar in een formule gevat ziet de wet van Hubble er eenvoudig uit:

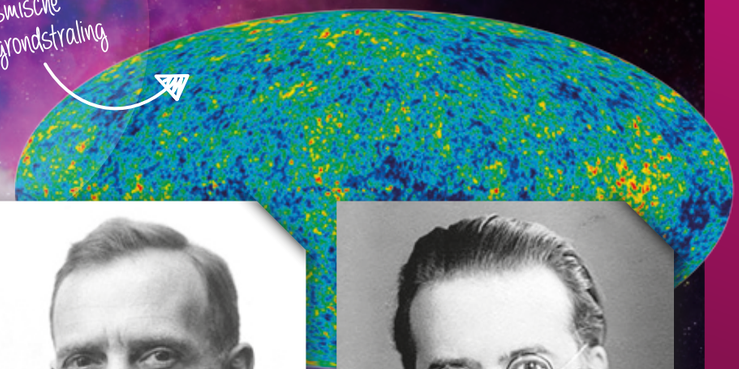
$$v = H_0 \times D$$

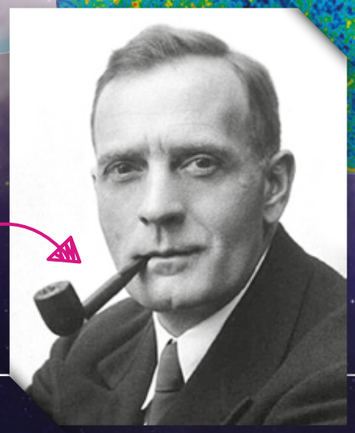
Daarbij is **v** de snelheid waarmee het object in kwestie zich bij de waarnemer vandaan beweegt (gemeten in km/sec), H_0 de hubbleconstante en **D** de afstand tussen de waarnemer en het object (bepaald met de roodverschuivingsmethode). Ondanks dat deze formule er elegant uitziet, zitten astronomen met een probleem: er zijn twee waardes voor de hubbleconstante. In 2019 werd op basis van metingen de hubbleconstante bepaald op 74,03 kilometer per seconde per megaparsec (km/s/Mpc). Een megaparsec is een veelgebruikte lengtemaat in de astronomie die overeenkomt met $3,08 \times 10^{19}$ kilometer.

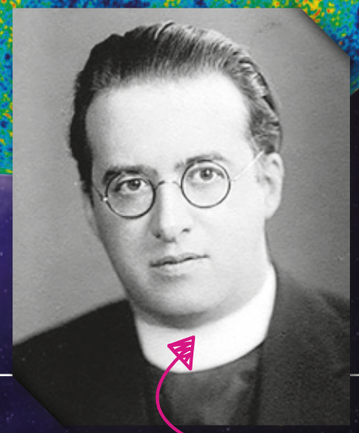
HUBBLE BEREKEND

Je kunt de hubbleconstante niet alleen vaststellen op basis van waarnemingen. Je kunt deze ook afleiden uit de kosmische achtergrondstraling. Dat is microgolfstraling die uit alle richtingen van het heelal uniform wordt waargenomen. Men veronderstelt dat die straling is ontstaan op het moment dat het universum zover was ‘afgekoeld’ dat atomen stabiel bleven, en de straling niet meer krachtig genoeg was om atomen te splitsen. Daardoor bleef de straling ongewijzigd door het heelal heen reizen.
Door een model te maken van het universum tijdens en kort na de oerknal, en in dat model te variëren met een aantal parameters, kon men nagaan hoe je theoretisch tot dezelfde achtergrondstralingswaardes zou komen als je nu ziet. Naast de hubbleconstante worden dan parameters genomen zoals de hoeveelheid materie in het heelal, de kromming van de ruimte en de expansiesnelheid van het universum. En hoewel meerdere combinaties van parameters in de buurt komen, is een benadering waarin de H_0 op zo’n 67 tot 68 km/s/Mpc ligt het best passend. Dat is nogal een verschil met de daadwerkelijk gemeten waarde van 74. Te groot om te verklaren met enkel meetfouten. Deze getallen kunnen niet allebei correct zijn. Je kunt op basis van dit verschil tussen ‘meting’ (74 km/s/Mpc) en ‘model’ (67 tot 68 km/s/Mpc) wel stellen

Deze kaart toont de temperatuursverschillen van de achtergrondstraling. Tussen het koudste (blauw) en warmste (rood) gebied zit slechts een verschil van 0,2 °C.





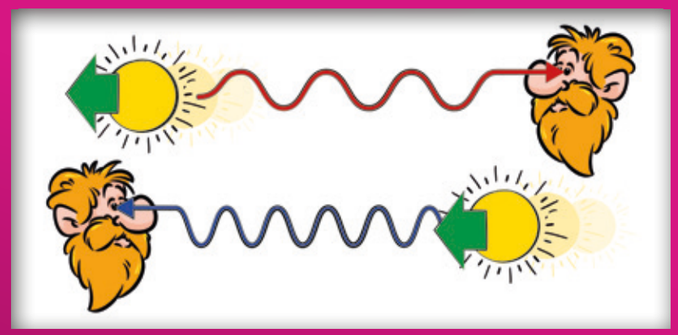


Met stipjes op een ballon kun je de inflatie van het heelal inzichtelijk maken.



HUBBLE EN ROODVERSCHUIVING

HOE KUN JE SNELHEDEN METEN IN HET HEELAL?



Ken je het dopplereffect? Dat treedt op als een brandweerwagen met loeiende sirenes langs je heen rijdt. Wanneer die naar je toe komt, klinkt de toon hoger dan wanneer hij je is gepasseerd. Dat komt doordat de geluidsgolven aan de voorkant van de brandweerwagen worden samengedrukt (vanwege de snelheid waarmee hij rijdt) en aan de achterkant worden opgerekt. Dit effect treedt ook op bij licht en heet roodverschuiving.

Roodverschuiving is het verschijnsel dat naar je toe bewegend sterrenlicht wordt samengedrukt en verschuift naar een hogere frequentie (naar het blauw). En licht van een object dat zich bij je vandaan beweegt verschuift naar het rood.
Edwin Hubble ontdekte dat de roodverschuiving groter is voor objecten die verder bij de aarde vandaan staan. Hij legde dit uit als ‘inflatie’: het heelal blaast zichzelf op, als een ballon. Zet maar eens een paar stipjes met een viltstift op een ballon, en blaas hem daarna op. De stipjes komen dan allemaal verder uit elkaar te liggen. Ongeacht welk stipje je als ‘uitgangspunt’ neemt: alle andere bewegen erbij vandaan. Volgens Hubble gebeurt dit ook met sterrenstelsels in het heelal. Hoe verder een object zich bij je vandaan bevindt, hoe groter de snelheid waarmee het zich van je verwijdert.
In dit model wordt dus aangenomen dat de roodverschuiving het gevolg is van het uitdijen van het heelal. Maar er zijn ook astronomen die andere modellen hanteren, waarbij de roodverschuiving bijvoorbeeld wordt gezien als een eigenschap van het sterrenlicht zelf, en niet als een maat voor de snelheid waarmee objecten zich van elkaar verwijderen. **w**

- **WEET MEER:**
  www.weet-magazine.nl/weet-meer

DUNBEVOLKT UNIVERSUM

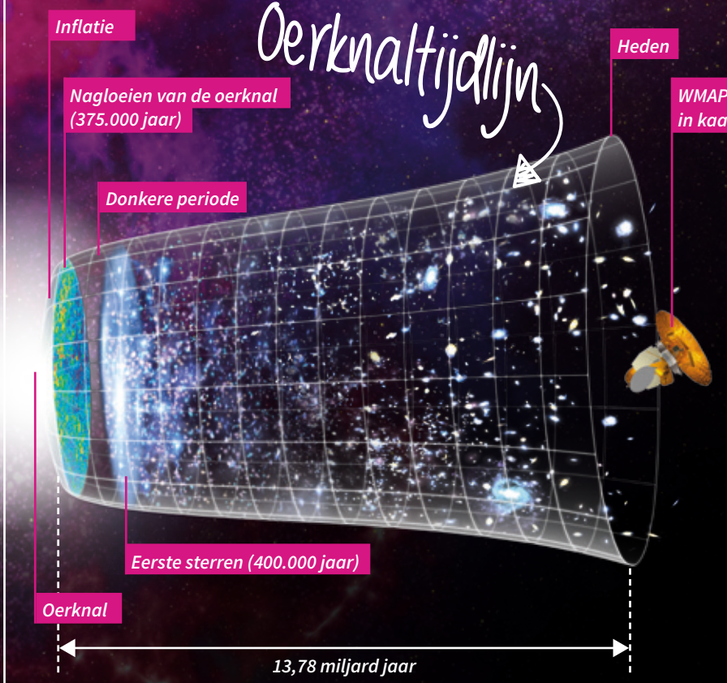
WAT IS DE GEMIDDELDE DICHTHEID VAN HET HEELAL?

De dichtheid is een maat voor hoeveel materie zich in een bepaald volume bevindt. En dat is – wanneer je het hele universum in ogenschouw neemt – gemiddeld genomen helemaal niet zo veel.



Dichtheid wordt gemeten in kilogram per kubieke meter (kg/m^3). Water heeft bijvoorbeeld een dichtheid van 997 kg/m^3, lucht van 1,2 kg/m^3 en het heelal heeft een gemiddelde dichtheid van 5 x 10^{-28} kg/m^3. Dat zijn slechts 0,3 waterstofatomen per kubieke meter. Dit komt doordat het grootste gedeelte van het heelal zo goed als leeg is. Er zijn gebieden met een hoge dichtheid (sterrenstelsels) maar die zijn van elkaar gescheiden door héél veel (bijna) lege ruimte. Hierdoor is de gemiddelde dichtheid van het universum ontzettend laag. w

Een luchtige anekdote tussendoor: de Griekse wiskundige Archimedes van Syracuse (287-212 v.Chr.) werkte ook met dichtheden. Naar verluidt kreeg hij de opdracht van koning Hiëro II om te checken of zijn kroon wel van echt goud was. Hij had het vermoeden dat de goudsmid er zilver in had verwerkt. Archimedes toonde aan dat dezelfde massa aan puur goud minder water verplaatste dan de kroon, en dat de kroon dus een lagere dichtheid had vanwege het toegevoegde zilver. De smid had iets uit te leggen…



dat het oerknalmodel niet overeenkomt met de data. Maar kosmologen zeggen dat de data een goed model niet in de weg moeten komen te staan.
Om het oerknalmodel te 'redden' van de feiten, hebben ze dus een hulptheorie bedacht: de kosmische bubbel.

Volgens dit kosmischebubbelmodel bevindt de aarde zich in een soort 'zeepbel' in de ruimte met daarbinnen een lagere dichtheid dan gemiddeld (zie kader bovenaan). Hierdoor wordt de mate van uitdijing plaatselijk groter (dit is de gemeten uitdijing van 74 km/s/Mpc), maar de uitdijing berekend op basis van de kosmische achtergrondstraling blijft onveranderd. Hoe groot moet die zeepbel dan zijn? Hij moet een doorsnee hebben van zo'n 250 miljoen lichtjaar en een dichtheid hebben die de helft is van de gemiddelde dichtheid van het hele universum. Volgens de wetenschappers die het kosmischebubbelmodel voorstelden zou dat kunnen als er al direct bij de oerknal gebieden met verschillende dichtheden ontstonden.

REDDINGSBOEI

Er is echter geen enkel bewijsmateriaal voor het bestaan van de kosmische bubbel. De bubbel móét er zijn om het model te kunnen laten kloppen met bepaalde waarnemingen. Maar dat is precies het tegenovergestelde van hoe het in de wetenschap *zou moeten* werken. De data zouden moeten leiden tot het model, en het model zou niet moeten bepalen wat de data zijn. Je ziet regelmatig dat 'reddingsboeien' (zoals de kosmischebubbelhypothese) binnen de kosmologie nodig zijn, om vast te kunnen houden aan modellen die een hoge leeftijd van het heelal mogelijk maken. Naarmate problemen met de modellen bloot kwamen te liggen, wierpen kosmologen allerlei hypothetische constructies op, zoals een periode van inflatie direct na de oerknal. Ondanks dat er voor deze reddingsboeien geen greintje bewijsmateriaal te vinden is, zijn kosmologen er toch van overtuigd dat hun hypotheses de werkelijkheid omschrijven. Anders zou het oerknalmodel niet kloppen, en dat is voor de meeste kosmologen geen optie. w

Dit artikel is een licht bewerkte samenstelling van artikelen van astronoom Danny Faulkner.

- **WEET MEER:**
  www.weet-magazine.nl/weet-meer