

Yannick Fritschy

New Scientist
Pocket Science

HEERLAAL OPHOL

Over de steeds snellere
groei van het universum

Inhoud

Inleiding 7

- 1 Instortingsgevaar 11
- 2 Mijn heelal is beter 19
- 3 Abominabel artikel 27
- 4 Alles op rood 36
- 5 Geen licht in de duisternis 46
- 6 Oud en nieuw 54
- 7 De echo van de oerknal 62
- 8 Duizenddingendoekje 68
- 9 Een terugkerende fout 79
- 10 Laatbloeiër Lambda 88
- 11 Energieverlies 99
- 12 Het spant erom 109

Epiloog 121

Index 125

Meer lezen? 129

Inleiding

‘Als morgen het heelal op hol slaat, de zon uit de lucht komt vallen en daardoor Ficqs fietstas verschroeid raakt, dan staat overmorgen in de krant: Ficq stelt Amsterdamse politie aansprakelijk.’

Ik had nooit gedacht een boek te beginnen met een uitspraak van advocaat Theo Hiddema die zijn collega Bénédicte Ficq zwartmaakt, maar de gelegenheid dringt zich op. Voordat de titel van dit boek openbaar werd, was Hiddema's sneer één van de slechts twee zinnen op het web met de woorden ‘heelal op hol’.¹ Blijkbaar beseft niemand dat het heelal al lang en breed op hol is geslagen. Het dijt namelijk uit, en niet zo'n beetje ook: de uitdijing verloopt almaar sneller.

De ontdekking dat het heelal uitdijt, veroorzaakte de grootste astronomische revolutie sinds de ontdekking dat de aarde rond de zon draait. Het bleek de sleutel tot het begrijpen van het universum. Want wat heeft het heelal nou helemaal gedaan sinds de oerknal? Op grote schaal niks, behalve uitdijen. De uitdijing is betrokken bij elk kosmisch

1. De andere stond in een artikel over de dreunende beats van componist Mirusi Mergina.

proces. We hebben er zelfs ons bestaan aan te danken: doordat de ruimte in het juiste tempo is uitgerekt, kreeg materie de kans om samen te klonteren tot sterren, planeten en mensen.

De uitdijning gaf kosmologen een panklaar antwoord op vragen die ondanks hun eenvoud eeuwenlang onbeantwoordbaar waren, zoals ‘Waarom stort het heelal niet in?’ en ‘Waarom is het ’s nachts donker?’. Dankzij de ontdekking hebben ze zelfs de volledige evolutie van het heelal in kaart kunnen brengen. Alleen is er ook nog een hoop onduidelijk over de kosmische groei. En hoe meer we erover te weten komen, hoe mysterieuzer het fenomeen lijkt te worden. Het is alsof de raadsels rond de uitdijning meegroeien met het heelal zelf.

Dat het heelal uitdijt is sowieso al vreemd, maar daar kunnen we de oerknal nog aansprakelijk voor stellen. Dat de uitdijning steeds sneller verloopt, is nog vreemder. Daar geven we ‘donkere energie’ de schuld van, zonder te weten wat dat is. En dan lijkt donkere energie ook nog eens niet altijd even sterk, wat al helemaal onverklaarbaar is.

Als natuur- en sterrenkundestudent en later als wetenschapsjournalist heb ik me regelmatig verwonderd over de uitdijning van het heelal. Vanwege de vele nieuwe ontwikkelingen leek dit me het uitgelezen moment om er een boek over te schrijven. De eerste hoofdstukken vertellen hoe we op het idee zijn gekomen dat het heelal uitdijt, en hoe dat idee vervolgens is verfijnd en bewezen. Vervolgens gaat het over de uitdijning zelf: hoe de ruimte bij de oerknal is begonnen met uitrekken en vervolgens een razendsnelle groeispurt onderging. Daarna komen we bij het grootste enigma: de donkere energie die de uitdijning steeds sneller laat verlopen. De laatste hoofdstukken behandelen enkele recente waarnemingen die nog meer vraagtekens opwerpen.

Naast de vragen over de uitdijning zelf, kampen we ook met de vraag wat je er in hemelsnaam bij moet voorstellen. Eigenlijk is het onvoorstelbaar: een oneindige driedimensionale ruimte die in zichzelf groeit. In kaders door het hele boek heen zal ik proberen dit met behulp van ballonnen en krentenbroden toch enigszins voorstelbaar te maken. Ik ben me ervan bewust dat ik hiermee het uiterste van je verbeeldingskracht vraag. Je zou het een tikje sadomasochistisch kunnen noemen: ik leg jouw en mijn brein met plezier op de pijnbank. Als ik me de uitdijning probeer in te beelden, slaan mijn hersenen soms net zo op hol als het heelal zelf. Mocht dat jou ook overkomen, sorry daarvoor; de kosmos trekt zich helaas weinig aan van onze drang naar eenvoud.

Het boek speelt zich grotendeels af in het verleden. Ik heb ooit een scriptie geschreven over de geschiedenis van de kosmologie, en naar mijn idee is dit de beste weg naar begrip: meekijken met de wetenschappers die iets als eerste hebben onderzocht, inclusief al hun dwalingen en discussies. Bovendien vind ik de periode waarin de uitdijning is bedacht en ontdekt gewoon een mooie tijd, met grootheden als Albert Einstein en Georges Lemaître.

Tijdens het schrijven kwam ik er al gauw achter dat het uitdijende heelal zich lastig in een pocketboek laat proppen. Ik heb geprobeerd om vooral te focussen op de uitdijning zelf, zodat nauw gerelateerde onderwerpen er soms wat bekaaid van afkomen; denk aan de algemene relativiteitstheorie, donkere materie en de toekomst van het heelal. Gelukkig zijn over veel van deze onderwerpen al andere *Pocket Science*-boeken geschreven.²

2. Alleen niet over de oerknal; net zoals Ficq aan haar fietstas wil voorlopig geen enkele auteur daar de vingers aan branden.

Ik heb mijn informatie zo veel mogelijk gehaald uit brieven en artikelen van de betrokken wetenschappers. Daarnaast heb ik artikelen en boeken bestudeerd van hedendaagse kosmologen, historici en wetenschapsjournalisten. Voor de huidige ontwikkelingen heb ik hoogleraar kosmologie Alessandra Silvestri van de Universiteit Leiden geraadpleegd – veel dank aan haar voor de waardevolle inzichten. Dank ook aan alle collega's van *New Scientist* die hebben geholpen bij de totstandkoming van dit boek.

Tot slot heb ik in mijn grondige research ook nog een filmpje bekeken van modeblad *Elle* met als titel 'Deze celebrity's hebben een astrologische tattoo'. De informatie die ik daaruit heb gehaald, vormt het startpunt van onze reis door de uitdijende ruimte en de voortschrijdende tijd. Veel leesplezier!

Yannick Fritschy
Oktober 2025

Instortingsgevaar

De zangeressen Miley Cyrus en Rita Ora hebben allebei een tatoeage van hun sterrenbeeld Boogschutter. Voor Taylor Swift vormde dit sterrenbeeld de inspiratie voor haar nummer *The Archer*. Net als veel van hun medeaardbewoners zijn deze popsterren dus gefascineerd door hun teken aan de dierenriem. Hoewel ik – tevens Boogschutter, geen tattoo – niet geloof in astrologie, moet ik toegeven dat de sterrenbeelden iets wonderlijks hebben. Want in tegenstelling tot bijvoorbeeld Miley Cyrus zien ze er al sinds mensengeugenis hetzelfde uit. Zo lijkt de Grote Beer van oudsher op een steelpan, en de Kleine Beer op een iets kleinere steelpan.³ Dat is eigenlijk best raar. Planeten, kometen en andere objecten zie je kriskras door de hemel bewegen. Waarom zijn de sterren zo standvastig?

Vanwege de onveranderlijke sterrenbeelden zijn astronomen er tot ver na de middeleeuwen van overtuigd dat sterren vaste posities in de ruimte innemen. Volgens sommige van die vroege astronomen bevinden alle sterren

3. Sorry, voor een afgestudeerd natuur- en sterrenkundige ken ik bedroevend weinig sterrenbeelden.

zich op een enkele schil rond de zon en de planeten, volgens anderen zijn ze verspreid tot in het oneindige – maar iedereen is het erover eens dat elke ster zijn eigen plekje heeft in de kosmische camping.

Dan komt Isaac Newton in 1687 met zijn wetten over de zwaartekracht. Vanaf dat moment moet elke theorie over de kosmos aan deze wetten gehoorzamen. Dat maakt het voor astronomen een stuk moeilijker om hemelverschijnselen te verklaren. Het past bij Newtons motto '*Hypotheses non fingo*' (vrij vertaald: 'Ik zuig geen verklaringen uit mijn duim').

In 1692 krijgt Newton een brief van theoloog Richard Bentley. Een halve eeuw na het beroemde conflict tussen Galileo Galilei en de Kerk heeft Bentley de ondankbare taak om wetenschap en religie met elkaar te verzoenen. Hij vraagt Newton hoe de sterren ondanks de zwaartekracht eeuwig op hun plek kunnen blijven. Naburige sterren trekken elkaar immers aan, zodat je verwacht dat ze naar elkaar toe bewegen of om elkaar heen draaien. Als je de zwaartekracht ongehinderd zijn gang laat gaan, moeten de sterren uiteindelijk zelfs allemaal op één plek samenklonteren.

Vanaf dat moment worden astronomen eeuwenlang gefolterd door een verontrustende vraag: waarom stort het heelal niet in?

Touwtrekken met sterren

Newton is wel zo sportief om als veroorzaker van het probleem zelf ook een oplossing aan te voeren. Volgens hem is het heelal oneindig groot en bevat het oneindig veel sterren. Die sterren zouden allemaal ongeveer even ver uit elkaar staan.

Op het eerste gezicht lijkt dat misschien flauwekul. Als je 's nachts naar de hemel kijkt, zie je immers allerlei sterren in

groepjes samenklitten. Maar in werkelijkheid staan de sterren in zulke groepjes vaak helemaal niet dicht bij elkaar. Zo bevindt Dubhe, de rechterbovenkant van de steelpan in de Grote Beer, zich meer dan anderhalf keer zo ver van de aarde als Merak, de ster eronder.

Volgens Newton doen sterren zelfs nooit aan groepsvorming. Hij stelt dat alle sterren netjes zijn verspreid over het heelal, met telkens min of meer evenveel ruimte ertussen.⁴ Daardoor wordt aan elke ster van alle kanten even hard getrokken door de omringende sterren. Het heelal is het strijdtoneel van een permanente driedimensionale touwtrekwedstrijd, met oneindig veel gelijkwaardige teams. Zo blijven alle sterren keurig op hun plek.

Dit is alleen een nogal wankel evenwicht. Newton vergelijkt het zelf met oneindig veel naalden die allemaal op hun punt balanceren.⁵ Er hoeft maar iets te gebeuren met een van de sterren – een minieme wiebeling door een passerende komeet bijvoorbeeld – of hij beweegt een klein beetje naar een andere ster toe. Die beweging beïnvloedt de overige omringende sterren, zodat die ook in beweging komen, en voor je het weet heb je de sterren aan het dansen en verandert de steelpan in een staafmixer.

Voor dit probleem heeft Newton een oplossing die je vooral in klassieke toneelstukken tegenkomt: de *deus ex machina*, de goddelijke ingreep. God is voor Newton de

4. In dit boek gebruik ik de term 'heelal' voor het geheel, soms afgewisseld door 'universum' of 'kosmos'. Met 'ruimte' bedoel ik datgene waaruit het heelal is opgebouwd. Als je het heelal ziet als ballon, is de ruimte het vel van de ballon.

5. Newton had sowieso iets met naalden. Hij stak ooit een breinaald achter zijn oog om te zien hoe dit zijn zicht beïnvloedde. Wonderlijk genoeg heeft dit geen blijvende schade veroorzaakt; je kunt wel zeggen dat Newton hier door het oog van de naald is gekropen.

5

Geen licht in de duisternis

Waarom is het 's nachts donker? Een kinderlijk eenvoudige vraag, die doet denken aan de *evergreen* 'Waarom is de lucht blauw?'. In beide gevallen hoef je alleen maar omhoog te kijken om de vraag te verzinnen. En in beide gevallen moet je complexe natuurkundige verschijnselen optrommelen om een volledig antwoord te geven. Bij de blauwe lucht is dat de rayleighverstrooiing, die ervoor zorgt dat blauw licht vaker van deeltjes in de atmosfeer afketst dan andere kleuren licht. En bij de nachtelijke duisternis zijn het de oerknal en de uitdijning van het heelal.

Dat klinkt misschien ongeloofwaardig. Voor de duisternis is immers een veel simpelere verklaring te bedenken. 's Nachts wordt het licht van de zon geblokkeerd door de aarde. De overige sterren staan zo ver weg dat ze allemaal maar een heel klein beetje licht geven – veel te weinig om samen de hele hemel te verlichten.

Maar als je er wat langer over nadenkt, blijkt deze verklaring wankel. Want stel nou dat het heelal oneindig groot is. En stel dat er overal in het heelal sterren zijn. Dan zijn er oneindig veel sterren in het heelal, verspreid over de hele

hemel. Net zoals je in een oneindig bos onmogelijk tussen alle bomen door kunt kijken, kun je in een oneindig heelal onmogelijk tussen alle sterren door kijken. Uit elke richting zou het licht van een of andere ster op ons af moeten komen. En dus zou de hele hemel 's nachts moeten baden in het sterlicht.

Dit staat bekend als de olbersparadox, in 1952 vernoemd naar astronoom Heinrich Olbers, die het probleem in 1823 beschreef. Hij was echter niet de eerste, en zeker ook niet de laatste die hierover in het duister tastte. Uiteindelijk was het nota bene een poëet die als eerste het licht zag.

Sterschillen

We gaan een kleine vijfhonderd jaar terug in de tijd. Astronoom Thomas Digges is groot fan van het heelalmodel dat Nicolaas Copernicus in 1543 heeft bedacht, met de zon in het midden en de planeten eromheen. Digges heeft het model zelfs in de Engelstalige wereld geïntroduceerd. Er is alleen één aspect dat hem niet bevalt.

In het Copernicaanse model bevinden alle sterren zich op een enkele schil aan de buitenkant van het systeem. Zo'n schil stelt een ultieme grens aan het heelal, dat volgens Digges geen einde mag hebben. Hij schraapt daarom de schil en stelt dat het heelal zich buiten het zonnestelsel oneindig ver uitstrekt. Overal in die oneindige ruimte zijn sterren. Deze ruimte beschrijft Digges als 'het paleis van gelukzaligheid, gegarneerd met ontelbaar veel eeuwig schijnende glorieuze lichten'.

Hoewel je kunt betwijfelen of de interstellaire ruimte wel zo'n hemelse plek is, is dit een fenomenaal staaltje ruimdenkendheid. Digges' model van een oneindig heelal is oneindig

veel beter dan het begrensde Copernicaanse model. Alleen leveren die ontelbare glorieuze lichten wel hoofdbreken op over de nachtelijke duisternis. Digges is de eerste die dat probleem aan de kaak stelt. Al maakt hij zich er niet al te druk om. Hij heeft namelijk ook meteen een oplossing: de meeste sterren staan simpelweg te ver weg om te kunnen zien.

Dat klinkt logisch. Maar in de achttiende eeuw bewijst de Zwitser Jean-Philippe de Chéseaux met een vernuftig staaltje geometrie dat deze vlieger niet opgaat. Hij verdeelt het heelal om ons heen in steeds groter wordende schillen, zoals de rokken van een ui. Elke schil bevat een bepaalde hoeveelheid sterren. Net als in het Copernicaanse model, alleen dan

Ruimtelijk inzicht: eindeloos papierwerk

Kosmologen nemen aan het heelal oneindig groot is. Hoe kan iets dat al oneindig groot is toch nog blijven groeien?

Doordat het heelal nergens in zit, heeft het ook geen maximale grootte. Er zit geen oneindig grote maatbeker omheen die nu tot de rand is gevuld met heelalspul.

Je kunt het oneindige heelal in 2D voor je zien als een vel elastisch grafiekpapier dat aan alle kanten eindeloos door gaat. Stel je voor dat alle hokjes steeds groter worden. Dat kan maar één ding betekenen:

ondanks zijn oneindigheid is het papier aan het uitrekken. Net zo is het heelal al oneindig groot, maar rekt de ruimte waaruit het bestaat alsnog uit. Dat het heelal uitdijt, betekent dus niet zozeer dat het geheel steeds groter wordt; dat is al oneindig groot. Het betekent eerder dat de ruimte overal uitrekt, zodat alles steeds verder uit elkaar komt te staan – net zoals de hoeken van de hokjes op het uittrekkende grafiekpapier steeds verder uit elkaar komen te staan.

De echo van de oerknal

Aardse apparaten willen nog weleens astronomische metingen verstoren. Zo werden begin deze eeuw in observatoria jarenlang af en toe vreemde radiogolven gemeten. Ze leken op een mysterieus type signaal dat regelmatig van ver buiten de Melkweg op aarde terechtkomt. Alleen wees alles erop dat deze radiogolven veel dichterbij waren ontstaan. Uiteindelijk bleken ze voort te komen uit oude magnetrons die waren geopend voordat de timer was afgelopen.

In 1964 werken Arno Penzias en Robert Wilson als astronomen voor Bell Laboratories, de onderzoekstak van de Amerikaanse telecomdienst. Ze testen of een apparaat dat radiogolven kan meten ook voor astronomische doeleinden kan worden gebruikt. Wanneer ze een vreemde achtergrondruis meten, zijn ze zoals elke astronoom op hun hoede. Allereerst gaan ze in de directe omgeving op zoek naar een verklaring. Al gauw denken ze beet te hebben: in hun grote, toetervormige apparaat zit een duivennest. De uitwerpselen van deze beesten kunnen weleens de boosdoener zijn.²⁴ Maar

24. Of zoals Penzias het naar verluidt aanduidde: een witte diëlektrische substantie.

nee: na het verwijderen van de tortelduifjes en een grondige schoonmaak wordt het radiosignaal nog steeds gemeten.

Als ook alle andere aardse verklaringen zijn uitgesloten, concluderen Penzias en Wilson dat het wel iets buitenaards moet zijn. Maar gek genoeg meten ze het signaal voortdurend vanuit alle richtingen. Het komt dus niet van een bepaald sterrenstelsel of een ander specifiek object; het komt van overal. Waar komt deze kosmische ruis toch vandaan?

Uiteindelijk blijkt het de nagloed van het allereerste licht in het heelal. Penzias en Wilson hebben de zwakke echo van de oerknal opgevangen. De metalen val waarin de duiven werden gevangen, is nog altijd te zien in het National Air and Space Museum in Washington D.C.

Staande ovatie

Zestien jaar eerder hebben Ralph Alpher en Robert Herman berekend dat de oerknal een nagloed moet hebben die uit ultrakoude elektromagnetische straling bestaat. Dat idee komt voort uit een beschrijving van het jonge heelal die vooral is ontwikkeld door de Russische natuurkundige George Gamow, docent van Alpher en oud-leerling van Friedmann.

In deze theorie is het heelal de eerste duizenden jaren na de oerknal een gloeiendhete, ondoorzichtige soep van deeltjes. Die deeltjes hebben stuk voor stuk enorm veel energie. Daardoor knallen ze als botsautootjes op elkaar, zodat ze uiteenvallen of transformeren in andere deeltjes. In deze verkeerschaos kunnen fotonen geen kant op; de lichtdeeltjes botsen voortdurend op rondslingerende materiedeeltjes.

Maar naarmate de ruimte uitrekt, komen deeltjes elkaar minder vaak tegen. Materiedeeltjes absorberen steeds minder fotonen. Daardoor hebben ze gemiddeld steeds minder energie, zodat hun onderlinge botsingen steeds vaker veranderen in samenklontering. Zo vermengen protonen, neutronen en elektronen zich tot de eerste atomen.²⁵

Zo'n 380.000 jaar na de oerknal zijn er niet veel ongebonden materiedeeltjes meer over. Daardoor kunnen fotonen eindelijk echt ongehinderd door het heelal vliegen. Zo ontstaat er een club vrije fotonen die je kunt zien als het allereerste licht in het heelal – al bestaat deze straling goeddeels uit infrarood en dus onzichtbaar licht. De straling is op dat moment behoorlijk heet: zo'n 3300 graden Celsius. Maar doordat de ruimte blijft uitdijen, rekt de straling steeds verder uit: van infrarood licht naar radiogolven. Door die uitrekking verliezen de fotonen energie en koelen ze af. Inmiddels is de straling nog maar -270 graden Celsius, ofwel 2,7 kelvin, net boven de laagst mogelijke temperatuur.²⁶ Deze ultrakoude radiostraling moet momenteel nog altijd overal in het heelal rondzweven, ook in onze omgeving.

25. In 1948 schreven Alpher en Gamow een artikel over deze oeratomen. Gamow stond er toen op dat zijn collega Hans Bethe als medeauteur werd vermeld, omdat Alpher-Bethe-Gamow klinkt als alfa-bèta-gamma. Alpher vond het maar niks dat hij de eer met nog een extra persoon moest delen.

26. Koud, maar het kan nog veel kouder: in laboratoria worden temperaturen van ver onder 1 kelvin gecreëerd. Dat gebeurde voor het eerst in 1908 in het Kamerlingh Onnes Lab in Leiden. Dit was destijds dus de koudste plek in het heelal – tenzij buitenaardse wezens over betere koudelabs beschikten.