

EEN KORTE  
GESCHIEDENIS  
VAN DE TIJD



# STEPHEN HAWKING

LEONARD MLODINOV

## EEN KORTE GESCHIEDENIS VAN DE TIJD

Vertaald door Ronald Jonkers

2024 Prometheus Amsterdam

Eerste druk 2005  
Twintigste druk 2024

Oorspronkelijke titel *A Briefer History of Time*

© 2005 Stephen Hawking en Leonard Mlodinov

© 2005 Nederlandse vertaling Uitgeverij Prometheus en Ronald Jonkers

Omslagontwerp Jan van Zomeren

Illustraties © 2005 The Book Laboratory Inc., James Zhang en Kees Veenebos

Zetwerk Mat-Zet bv, Huizen

[www.uitgeverijprometheus.nl](http://www.uitgeverijprometheus.nl)

ISBN 978 90 446 5593 3

# • Inhoud •

Woord vooraf	7
1 Nadenken over het heelal	11
2 Hoe onze voorstelling van het heelal in de loop van de tijd veranderde	15
3 Over de spelregels voor wetenschappelijke theorieën	24
4 Newtons heelal	32
5 Relativiteit	41
6 Gebogen ruimte	55
7 Het uitdijend heelal	70
8 De oerknal, zwarte gaten en de ontwikkeling van het heelal	93
9 Kwantumzwaartekracht	116
10 Wormgaten en reizen in de tijd	140

11 De natuurkrachten en de unificatie van de natuurkunde	158
12 Tot slot	188
Albert Einstein	195
Galileo Galilei	198
Isaac Newton	201
Verklarende woordenlijst	204
Woord van dank	212

## • Woord vooraf •

IN 1988 VERSCHIEEN *Het heelal*, de Nederlandse vertaling van een boek dat oorspronkelijk in het Engels *A Brief History of Time* heette, 'Een korte geschiedenis van de tijd'. De Engelse uitgave stond 237 maal op de lijst van de bestverkochte boeken in de Londense *Sunday Times*, het werd in veel talen vertaald en er werden er globaal één exemplaar op 750 aardbewoners van verkocht. Dat was een opmerkelijk succes voor een boek dat enkele van de moeilijkste onderwerpen in de moderne natuurkunde behandelde. Die moeilijke onderwerpen waren tevens de spannendste die je kunt bedenken, omdat ze te maken hebben met wezenlijke, allesomvattende vragen: Wat weten we werkelijk van het heelal, en hoe komt het dat we het weten? Waar komt het heelal vandaan en welke kant gaat het op? Die vragen vormden de kern van *Het heelal*, en ze staan ook in dit boek in het middelpunt.

In de jaren na het verschijnen van *Het heelal* bereikten mij re-

acties van lezers van uiteenlopende leeftijd en met een verschillende achtergrond uit alle delen van de wereld. Een telkens terugkerend verzoek was de vraag naar een nieuwe editie waarin de essentie van *Het heelal* bewaard zou blijven, maar waarin de voornaamste denkbeelden langzaam aan en op een eenvoudiger te begrijpen niveau zouden worden behandeld. Dit zou een beknopte versie kunnen worden van *Het heelal*, maar uit de vele reacties bleek ook, dat maar weinig lezers zaten te wachten op een kosmologische verhandeling op universitair niveau. Daarom besloten wij de stof te benaderen zoals we dat hier in *Een korte geschiedenis van de tijd* hebben gedaan, waarbij de wezenlijke inhoud van het oorspronkelijke boek bewaard is gebleven en op sommige punten ook is uitgebreid, terwijl we er tegelijkertijd op hebben gelet dat het geheel niet te lang werd en begrijpelijk bleef. Sommige technische details zijn weggelaten, maar daarentegen dringen de vragen die we in deze versie opwerpen nog dieper door tot de kern van de materie.

We hebben tevens van de gelegenheid gebruikgemaakt om het boek aan de laatste stand van het onderzoek aan te passen en zo konden de jongste ontwikkelingen op het gebied van theorie en waarneming besproken worden. *Een korte geschiedenis van de tijd* doet verslag van de vooruitgang die de afgelopen tijd werd geboekt bij het zoeken naar een volledige theorie die alle natuurkrachten verenigt. Bijzondere aandacht wordt daarbij besteed aan de ontwikkelingen in de snaartheorie en de dualiteiten of overeenkomsten tussen ogenschijnlijk verschillende natuurkundige theorieën die erop duiden dat er een verenigende theorie voor de natuurkunde bestaat. Op het gebied van de waarneming gaat het boek in op belangrijke nieuwe observaties, zoals die van de satelliet COBE, die de kosmische ach-



tergrondstraling meet en die van de Hubble-ruimtetelescoop.

Ongeveer veertig jaar geleden zei Richard Feynman: ‘We hebben het geluk te leven in een tijd waarin nog ontdekkingen worden gedaan. Het is net als met de ontdekking van Amerika – dat kan maar één keer gebeuren. In dit tijdperk waarin wij leven ontdekken we de elementaire wetten van de natuur.’ Op dit moment bevinden we ons dichterbij een volledig begrip van het wezen van het heelal. Met het schrijven van dit boek hopen we u te laten delen in de spanning die deze ontdekkingen met zich meebrengen, en een beeld te geven van de nieuwe aanblik van de werkelijkheid die door deze ontdekkingen vormen aanneemt.



# NADENKEN OVER HET HEELAL

WE LEVEN IN EEN WONDERBAARLIJK fantastisch heelal. Een heelal zo oud, zo uitgestrekt, zo hevig en tegelijkertijd ook zo mooi, dat wie zich er een voorstelling van wil maken een buitengewoon grote fantasie moet hebben. De plaats die de mens in deze uitgestrekte kosmos inneemt lijkt soms bijzonder onbeduidend. We proberen er daarom achter te komen wat de zin ervan kan zijn en te overwegen welke rol wij erin spelen. Enkele tientallen jaren geleden hield een bekende geleerde (er wordt wel beweerd dat het Bertrand Russell was) een voordracht over sterrenkunde. Hij vertelde hoe de aarde een baan rond de zon beschrijft en hoe de zon op zijn beurt weer onderweg is via een baan rond het middelpunt van een grote hoeveelheid sterren die we onze Melkweg noemen. Toen hij was uitgesproken, stond er achter in de zaal een oud vrouwtje op. Ze zei: 'Wat u daar vertelt is onzin. De wereld is een platte schijf op de rug van een heel grote schildpad.' De geleerde glimlachte minzaam en

antwoordde toen: ‘En waarop staat die schildpad?’ ‘Je bent schrander, jongeman, helemaal niet dom,’ zei de vrouw, ‘maar het zijn allemaal schildpadden die op elkaar staan, tot helemaal beneden aan toe!’

De meeste mensen zullen tegenwoordig de voorstelling van ons heelal als een oneindige toren van schildpadden nogal lachwekkend vinden. Maar waar halen we het recht vandaan te denken dat we het beter weten? Vergeet een ogenblik alles wat u van de ruimte afweet – of meent af te weten. Kijk dan eens omhoog naar de nachtelijke hemel. Wat zegt u van al die lichtpuntjes? Zijn dat kleine vuurtjes? Het is moeilijk om je voor te stellen wat ze werkelijk zijn, want die werkelijkheid stijgt ver uit boven onze normale ervaring. Wie met enige regelmaat naar de sterren kijkt, heeft waarschijnlijk wel eens in de schemering een lichtpunt boven de horizon zien zweven. Dat is geen ster maar de planeet Mercurius, die niets wegheeft van onze eigen planeet. Een dag op Mercurius duurt tweederde van een heel Mercuriusjaar. Tijdens die dag worden temperaturen bereikt van meer dan 400°C, en gedurende de periode dat de zon het oppervlak niet beschijnt daalt de temperatuur tot bijna -200°C in een donkere nacht. Ook al verschilt Mercurius nog zozeer van onze aarde, toch is het minder moeilijk om ons er een voorstelling van te vormen dan van een doorsnee ster, die het best kan worden vergeleken met een reusachtige oven waarin elke seconde miljarden kilo's materie verbranden, en met een kern waarin temperaturen van tientallen miljoenen graden heersen.

Wat we ons ook slecht kunnen voorstellen is hoe ver de planeten en sterren werkelijk van ons af staan. Vroeger bouwden de Chinezen stenen torens om de sterren van dichterbij te bekijken. Het is niet meer dan natuurlijk om te denken dat de ster-

ren en planeten zich veel dichterbij ons bevinden dan in feite het geval is – we hebben immers in het dagelijks leven geen enkele ervaring met de reusachtige afstanden in de ruimte. Die afstanden zijn zo groot dat het geen zin heeft ze in meters of kilometers uit te drukken, zoals we dat met aardse lengtematen doen. In plaats daarvan gebruiken we het lichtjaar als eenheid, de afstand die het licht in één jaar tijd aflegt. Als u rekent dat het licht in één seconde een afstand aflegt van bijna 300.000 kilometer, is een lichtjaar dus een bijzonder grote afstand. De dichtstbijzijnde ster, afgezien van onze eigen zon, heet Proxima Centauri (ook wel bekend als Alpha Centauri C) en bevindt zich vier lichtjaren van ons vandaan. Dat is zo ver weg dat zelfs met de snelste ruimtevaartuigen die we tegenwoordig kunnen ontwerpen, de reis ernaartoe zo'n tienduizend jaar in beslag zou nemen.

In vroeger tijden hebben de mensen zich alle moeite getroost om het heelal te begrijpen, maar ze beschikten nog niet over onze wiskunde en techniek. Tegenwoordig kunnen we gebruikmaken van machtige hulpmiddelen: denkmethoden in de vorm van wiskunde en een wetenschappelijke benadering van onze vragen en technische hulpmiddelen in de vorm van computers en telescopen. Op zo'n manier heeft de wetenschap al veel kennis over de ruimte vergaard. Maar wat weten we werkelijk van het heelal, en hoe komt het dat we het weten? Waar komt het heelal vandaan? Welke kant gaat het op? Had het heelal een begin en zo ja, wat gebeurde er dan vóór dat begin? Wat is de aard van de tijd? Komt er ooit een einde aan de tijd? Kunnen we in de tijd teruggaan? Recente ontdekkingen in de natuurkunde die ten dele mogelijk zijn geworden door de nieuwe techniek, duiden in de richting van een antwoord op enkele van deze aloude vragen. Ooit zullen deze antwoorden voor ons net zo vanzelf-

sprekend lijken als het feit dat de aarde een baan rond de zon beschrijft – of misschien net zo bespottelijk als het idee van al die schildpadden die op elkaar staan en zo een toren vormen. Alleen de tijd (wat dat ook is) zal het leren.