

Inhoud

Voorwoord	7
1. Waarom de zwaartekracht ertoe doet	11
2. In het begin was er niets	21
3. Een beknopte geschiedenis van zwarte gaten	31
4. Dat je het niet gezien hebt, betekent nog niet dat het er niet is	43
5. Hoever we zullen gaan	55
6. Op zoek naar de Aarde 2.0	67
7. Waarom de nachtelijke hemel donker is	77
8. Waarschijnlijk is er buitenaards leven	85
9. Het oorspronkelijke kip-en-eiprobleem	95
10. We weten niet meer dan we weten	107
Dankwoord	118

Voorwoord

Het wonderlijke van wetenschap is dat niemand het juiste antwoord weet. Toch krijgen we er als kind een heel ander beeld van voorgeschoteld. Op school worden ons theorieën gepresenteerd als vaststaande feiten die altijd al golden. Gelukkig is de werkelijkheid een stuk creatiever: wetenschap bedrijven is als het in elkaar passen van stukjes van een legpuzzel die voortdurend verandert en waarvan het deksel en dus het voorbeeld ontbreekt. Het werk van talloze mensen heeft in de loop van tientallen jaren, ja zelfs eeuwen, stap voor stap geleid tot de huidige stand van onze kennis. Hoewel er op sommige wetenschapsterreinen nog maar een enkel stukje ontbreekt, vertonen andere enorme lacunes zonder dat we over het gereedschap, de wiskunde of de gegevens beschikken om te kunnen zeggen hoe het er daar uitziet.

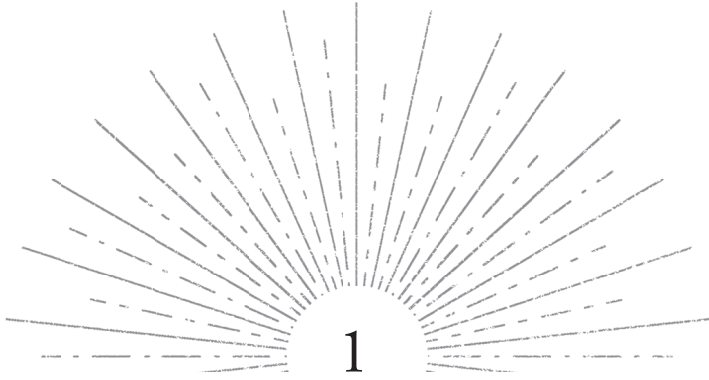
Wetenschap draait om het stellen van vragen waarop nog niemand het antwoord weet. Mensen ervan overtuigen dat er een ‘juist’ antwoord is, gebaseerd op bewijs en op feiten die jij en je collega’s en/of je voorgangers hebben verzameld om tot een theorie over het tot nu toe onbekende te komen, dat is het ultieme doel. Dit betekent dat wetenschap snel verandert, met theorieën die groeien en soms zelfs een boemerangeffect hebben zodra er meer bewijsmateriaal beschikbaar komt.

Ik heb je misschien op het verkeerde been gezet, toen ik zei dat de theorieën en feiten in dit boek de tien dingen zijn die je over de ruimte zou moeten weten. Die feiten en theorieën worden op dit moment allemaal als correct en steekhoudend beschouwd, maar wie weet hoe men er over vijftig jaar over denkt. Misschien dat toekomstige generaties onze huidige theorie over donkere materie wel bespottelijk vinden, vergelijkbaar met ons huidige ongeloof ten aanzien van hoe verstandige lieden ooit hebben kunnen denken dat de aarde in het middelpunt van het heelal staat, of dat je een atoom niet kunt splijten. Maar dat betekent nog niet dat we onze huidige kennis, en de wondere wereld die ze blootlegt, niet moeten koesteren.

In de diverse hoofdstukken van dit boek wordt kernachtig de ontwikkeling geschetst van enkele van de succesvolste theorieën over de eigenaardige, verbazingwekkende objecten in de ruimte, en dat zowel voor degenen die zich daar verder in willen verdiepen als voor hen die nog amper bekend zijn met de geheimen ervan. Het lezen van dit boek neemt je mee op een verkenningstocht door het heelal: van de oorsprong van de oerknal en de ongrijpbaarheid van donkere materie tot een uitgebreide beschouwing over de vraag of er buitenaards leven is. En als we al wat langer stilstaan bij zwarte gaten, dan is dat omdat daar nu eenmaal mijn hart ligt. Mijn eigen wetenschappelijke legpuzzel zeg maar, die ik probeer op te lossen terwijl ik op de afdeling Astrofysica in Oxford achter mijn bureau zit en probeer te begrijpen hoe deze raadselachtige fenomenen mede van invloed zijn op de sterrenstelsels waarin ze zich ophouden.

Voorwoord

We eindigen met wat we nog steeds niet weten: de grootste vraag van allemaal, en eentje waarvan we nooit zeker zullen weten of we die afdoende en helemaal correct hebben beantwoord. Voor een astronoom is dit echter de meest opwindende zoektocht van allemaal: beetje bij beetje de grenzen van onze kennis verleggen om tot een completer beeld te komen van het universum en onze plaats daarin. Mijn hoop is dat dit boek je, hoe onvolledig ook, een glimp van dat meesterwerk zal laten zien.



1
Waarom de zwaartekracht
ertoe doet

De zon is maar een van de ruim honderd miljard sterren in ons sterrenstelsel, de Melkweg. Dit is een eiland van gas, stof en sterren met een doorsnee van ruim een miljoen biljoen kilometer. In het centrum van dit Melkweg-sterrenstelsel bevindt zich een zwart gat dat vier miljoen keer zo zwaar is als de zon. Dat noemen we een superzwaar zwart gat en het vormt, net als de zon in ons zonnestelsel, de gravitatie-bestuurdersstoel van ons hele sterrenstelsel.

Isaac Newton ontdekte een paar eeuwen geleden de wet die de werking van de zwaarte- of gravitatiekracht beschrijft: de mate waarin twee objecten elkaar aantrekken is evenredig aan het gewicht (de massa) van elk object. Het zwaardere object oefent meer kracht uit op het lichtere object dan andersom. De kracht hangt ook af van hoe ver de twee objecten van elkaar verwijderd zijn: als je hun onderlinge afstand verdubbelt, neemt de aantrekkingskracht met een kwart af. Met deze wetten kunnen we het effect van de gravitatiekracht tussen twee willekeurige objecten in het universum berekenen, dus bijvoorbeeld ook dat tussen jou en de aarde onder je voeten.¹

De wet van de zwaartekracht schept orde in de chaos; zo heeft

1 Mocht je er benieuwd naar zijn: je voelt de aarde met een constante kracht van ongeveer 500-1000 newton (afhankelijk van je gewicht) aan je lichaam trekken. Ter vergelijking: de gemiddelde kracht waarmee een mens bijt is zo'n 700 newton; de beet van een witte haai heeft een kracht van 18.000 newton!

ze bijvoorbeeld ook tot ons zonnestelsel geleid. Voordat de zon werd gevormd was er alleen een gigantische wolk van waterstof- en heliumgas, met daarin een beetje zwaardere elementen zoals zuurstof, koolstof en ijzer, overgebleven van een vorige generatie sterren. Deze wolk was een chaotische draaikolk met daarin atomen van elk element. Omdat elk atoom een klein deeltje met een bepaalde massa is, werd dit door middel van de zwaartekracht aangetrokken tot alle andere deeltjes in die chaotische gaswolk. Onder invloed van de zwaartekracht begonnen de deeltjes vervolgens samen te klonteren, waarbij de grootste klonten de andere klonten aantrokken, totdat de zwaartekracht uiteindelijk de energie van alle rondrazende deeltjes had overwonnen en deze bij elkaar hield om in feite af te koelen. De volgende stap was het imploderen van de gaswolk tot een zeer hoge dichtheid, waarbij de druk zo hoog werd dat ze heet genoeg was om kernfusie op gang te brengen. Onze ster was geboren.

Kernfusie vindt plaats wanneer een ster als de zon vier atomen waterstof omzet in één heliumatoom, vandaar al die sterren die aan onze nachtelijke hemel staan te stralen. Dus wat ooit een draaiende gaswolk was, vol met rondvliegende atomen, werd als gevolg van de zwaartekracht een brandende protoster.

Welnu, in die voortdurend wervelende gaswolk zal zich mees- tentijds ook nog een restant van het verleden hebben bevonden. Ze nam wat resterende rotatie-energie over (iets wat we een impulsmoment noemen) van een vorige generatie sterren en misschien wel van de eerste sterren die na het ontstaan van het

universum zijn gevormd. Dit betekent dat de gaswolk meestal in een bepaalde richting rondwervelde, zodat als de deeltjes onder invloed van de zwaartekracht begonnen samen te klonteren, ze die voorkeursrichting overnamen: de protozon begon te draaien. Wat er met de rest van de gaswolk rond de vroege zon plaatsvond, heeft veel weg van wat er gebeurt als je een bol pizzadeeg boven je hoofd ronddraait: al draaiende wordt hij zo plat als een bord of schijf. Binnen die schijf bleven de deeltjes elkaar aantrekken, zodat zich steeds meer samengeklonterde protoplaneten rond de zon vormden en er een prachtig geordend systeem ontstond waarin de planeten (en de kometen, asteroiden en andere gesteenteresten) allemaal in dezelfde richting om de zon draaien. Ziedaar het proces waardoor we denken dat niet alleen de zon, maar alle sterren zijn gevormd.

Hetzelfde geldt voor ons eigen aarde-maansysteem. De aarde draait in dezelfde richting als die waarin ze om de zon draait, en wel omdat de kleine deeltjes die samenklonterden om de aarde te vormen deze vleug aan impulsmomenten overnamen van de vorige generatie sterren. En zo draait ook de maan in dezelfde richting rond de aarde als die waarin de aarde zelf draait.

Maar daar houden de overeenkomsten ook wel op, want voor de rest is de maan een nogal eigenaardig geval. Haar dag is net zo lang als haar jaar. Dat wil zeggen dat de tijd die de maan nodig heeft om rond haar as te draaien, haar dag dus, net zo lang is als de tijd die ze nodig heeft om rond de aarde te draaien, haar jaar, namelijk achtentwintig aardse dagen. Als de aarde dit voorbeeld

zou volgen, zou, terwijl de aarde één omloop om de zon zou maken, de helft van onze planeet het hele jaar door verlicht zijn en de andere helft altijd in duisternis gehuld blijven. De aarde zou dan met dezelfde snelheid om zijn as draaien om altijd met één kant van de zon af te staan. Dat is de reden waarom wij altijd maar één kant van de maan zien; we zien nooit de achterkant omdat die nooit naar ons toe staat. Dit wil echter niet zeggen dat de achterkant van de maan de donkere kant is, want het is niet de aarde die de maan verlicht, maar de zon. Daarom zien we de fasen van de maan: we zien een volle maan wanneer deze ten opzichte van de zon aan de andere kant van de hemel staat, met de kant die volledig verlicht is naar ons toe. En we zien een nieuwe maan als de maan zich tussen ons en de zon in bevindt en de zon dus de kant verlicht die van ons af staat.

Misschien vraag je je nu af waarom we niet elke 28 dagen een totale zonsverduistering te zien krijgen. De maan komt immers tijdens elk van zijn omlopen tussen de zon en de aarde in te staan. Dat komt omdat de maan niet in hetzelfde vlak beweegt als de aarde om de zon. De omloop van de maan staat iets gekanteld, zo'n vijf graden. Vandaar dat de maan tijdens zijn nieuwe-maan-fase de ene keer net onder en de andere keer net boven de zon aan de hemel door schuift.

Al deze eigenschappen van het aarde-maansysteem lijken misschien toevallig, maar ze dragen wel bij aan onze kennis over hoe onze maan is ontstaan. Je zou misschien verwachten dat de maan op dezelfde manier rond de aarde is gevormd als de aarde

rond de zon, namelijk uit de restanten die niet in de aarde terecht zijn gekomen. Onze meest aanvaarde theorie over hoe de maan is ontstaan, is echter veel dramatischer. Deze zogeheten ‘grote-inslaghypothese’ houdt in dat in het begin van ons zonnestelsel de proto-aarde getroffen werd door een andere protoplaneet die rond de zon draaide. Vanwege de enorme hoeveelheid energie die daarbij vrijkwam werden zowel de inslagplaneet als ongeveer de helft van de aarde vloeibaar. Al dit vloeibare planetaire gesteente werd de ruimte in geslingerd terwijl de aarde zich herstelde en bleef ronddraaien. Dit vloeibare gesteente kon zich echter niet aan de zwaartekracht van de aarde onttrekken en werd daarom uitgerekt tot een ronddraaiende schijf die later samenklonterde en de maan vormde.

Deze theorie verklaart ook waarom de as waar de aarde om draait uit het lood staat. Bij de botsing kreeg de aarde een zijwaartse klap te verduren zodat ze een beetje op haar kant draaide, onder een hoek van ongeveer 23 graden, net als bij een hond die liefdevol zijn kop tegen je aan legt. Dit betekent dat in de loop van het jaar, terwijl de aarde om de zon draait, tijdens de zomer van het zuidelijk halfrond de zuidpool naar de zon gericht is, terwijl zes maanden later de noordpool naar de zon wijst. Hierdoor worden de seizoenen op aarde veroorzaakt: als gevolg van de kanteling van de aarde is het warmer op het halfrond dat naar de zon gericht staat.

Het is ongelooflijk hoe je met behulp van één eenvoudige natuurkundige wet zoveel orde en rust in de chaos kunt brengen.

Dezelfde wet die ervoor zorgt dat appels uit bomen vallen, dat we met onze voeten op de grond blijven staan en dat onze seizoenen elkaar afwisselen, beïnvloedt alles in ons zonnestelsel en in het heelal. En dat niet alleen in de achtertuin van onze eigen ster. Buiten de Melkweg zien we nog veel meer van deze eilanden van sterren, in allerlei soorten en maten en ongeacht de richting waarin we naar het heelal kijken. De zwaartekracht heeft ze allemaal uit een enorme wolk van krioelende waterstofgasdeeltjes gevormd tot geordende systemen met prachtige spiraalstructuren.

Maar dat niet alleen: ook al heeft de zwaartekracht deze fraaie eilanden van sterren gevormd, ze kan ze ook vernietigen. De meeste sterrenstelsels worden niet geïsoleerd aangetroffen, maar geclusterd in groepen die door de zwaartekracht bijeen worden gehouden. Zo maakt ons Melkwegstelsel samen met Andromeda deel uit van de zogeheten Lokale Groep van sterrenstelsels. Het zijn de twee grootste sterrenstelsels van deze groep en ze trekken elkaar door middel van de zwaartekracht aan. Ooit, over vier miljard jaar of zo, zullen de Melkweg en Andromeda op elkaar botsen en als gevolg van de enorme gravitatiekrachten allebei uiteengereten worden, waarbij de banen van alle sterren verstoord worden tot alles weer tot bedaren is gekomen en er nog maar één gigantisch sterrenstelsel van over is, Milkomeda genaamd.

Dit is een voorbeeld van een andere wet van de natuurkunde, de tweede wet van de thermodynamica, die zegt dat in de loop van de tijd de entropie van een systeem nooit kan afnemen. Entropie is een maat voor de ongeordendheid van een systeem;