

FILOSOFEREN OP EEN WARME ZOMERAVOND

'There is a theory which states that if ever anyone discovers exactly what the universe is for and why it is here, it will instantly disappear and be replaced by something even more bizarre... There is another theory which states that this has already happened.'

Douglas Adams

Cover foto: pexel - pixabay

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag gekopieerd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt worden in enige vorm zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

Luc Vanhixe

Filosoferen op een warme zomeravond

De wonderen van het universum

IUS VERITATIS

INHOUD

Voorwoord	7
Hoe begon alles?	11
Wat was er voor het begin?	23
Is het lege heelal wel leeg?	35
Hoe groot is het universum?	69
Wat zijn de bouwsteentjes van het universum?	83
Hoe zal het universum eindigen?	101
Waar komt het leven vandaan?	117
Komen we ooit in contact met ander intelligent leven?	137
Is er een God?	173
Wat is de zin van alles?	199
Bijlage 1 : De fysica achter het verhaal.....	215
Bijlage 2 : De Rij van Fibonacci.....	219
Noten.....	220

Voorwoord

*'Alles moet zo eenvoudig mogelijk gehouden worden,
maar ook niet eenvoudiger.'*

Albert Einstein

Het heelal is niets meer dan een gigantische onveranderlijke donkere leegte, waarin kosmisch stof rond dwarrelt en voor de rest sterren, planeten, kometen en andere hemellichamen eenzaam hun rondjes en ellipsjes draaien of eindeloos op weg zijn naar nergens. En voor wie erin gelooft houdt God achter de schermen de touwtjes stevig in handen.

Tot het begin van de twintigste eeuw werd dit concept vrij algemeen aanvaard. Maar komt deze beschrijving wel met de werkelijkheid overeen? Of kan 'de moderne wetenschap' - gekoppeld aan een gezonde dosis *outside-the-box* denken - dit beeld bijstellen en ons meer inzicht verschaffen in het ontstaan en de realiteit van alles?

Sciencefiction schrijvers en regisseurs kunnen hun verbeelding de vrije loop laten. Astronauten, kosmonauten en taikonauten doorkruisen in boeken en films het universum en beleven daarbij de vreemdste en meest exotische avonturen. Heen en weer reizen in tijd en ruimte vormt geen enkel probleem. Zwarte gaten en wormgaten leiden naar andere dimensies, vreemde levensvormen, werelden samengesteld uit antimaterie.

Het dagelijks leven verloopt jammer genoeg veel saaier. De wereld rondom ons is gebonden aan strikte fysische wetten. Een rit van honderd kilometer aan een snelheid van vijftig kilometer per uur duurt steeds exact twee uur. Een meter is een meter, een seconde blijft een seconde. Die onvindbare autosleutels liggen altijd ergens. Maar ze kunnen zich niet tegelijkertijd 50% in een jaszak, 30% in de woonkamer, 15% in de keuken en 5% nog ergens anders bevinden.

Bij de studie van het heelal van de allerkleinste tot de allergrootste schaal duikt al snel een vreemd fenomeen op. De structuur en de werking van het universum lijken namelijk veel meer op het scenario van een sciencefiction film, dan op de strikt afgelijnde dagelijkse werkelijkheid. De wetten die onze nietige leventjes beheersen vormen in het heelal de saaie uitzondering. Op grotere, maar ook op kleinere schaal zijn er totaal andere exotische wetmatigheden van kracht, die botsen met ons gezond verstand. Tijd en ruimte zijn rekbare begrippen en materie kan zich zelfs met verschillende waarschijnlijkheden op verschillende plaatsen tegelijk bevinden.

En dat valt met gezond verstand moeilijk te vatten en te aanvaarden. Zelfs Albert Einstein worstelde daarmee. De man die iedereen met veel moeite wist te overtuigen van de relativiteit van ruimte en tijd was zelf tot aan zijn dood op zoek naar de deterministische, eenvoudige, duidelijke vaststaande realiteit die verborgen zou liggen onder de bizarre 'sprookjeswereld' van de kwantummechanica en de kosmologie. Tot zijn grote teleurstelling heeft hij deze werkelijkheid nooit kunnen vinden. En toch lichten deze en andere relatief nieuwe wetenschappelijke benaderingen een tipje van de sluier op van het wondere universum waarin wij leven.

Tien fundamentele vragen en een hele reeks antwoorden, die soms nog meer vragen oproepen. Stof genoeg voor een avondje filosoferen op een warme zomeravond.

*'The Big Bang Theory says nothing about what banged, why it banged, or what happened before it banged.'*¹

Alan Guth, Amerikaans fysicus en kosmoloog, ontdekker van de kosmische inflatie van de lege ruimte.

HOE BEGON ALLES?

13.8 miljard jaar geleden was er nog niets. Geen sterren, planeten of kometen, geen stofwolk of een enkel atoom, zelfs geen lichtstraaltje. Tot zover reikt het menselijk voorstellingsvermogen nog wel.

Maar net voor het begin bestond zelfs de lege ruimte nog niet. En dat botst met het logisch denken. Want zelfs indien het lege universum er niet was, moet er toch een andere ruimte, een ander volume, een plaats, een kader geweest zijn waarin dat nieuwe universum ontstaan is?

In dat mysterieuze nergens explodeerde plots een singulariteit, een puntje zonder afmetingen met een oneindig hoge energiedichtheid, het begin van ons universum. Maar waar kwam die singulariteit vandaan? Het begin der tijden is in raadselen gehuld.

Het geluid van een naderende wagen verandert op het ogenblik dat het voertuig voorbij rijdt. Dit valt te verklaren door het Dopplereffect. Geluid beweegt zich voort in golven. Wanneer een geluidsbron zich naar de waarnemer toe beweegt, worden deze golven samengedrukt. De frequentie (het aantal golftoppen per seconde) stijgt, de golflengte (de afstand tussen twee golftoppen) wordt kleiner en de waarnemer hoort een hogere toon. Eens de geluidsbron voorbij is worden de golven uitgerokken. De frequentie daalt en de golflengte wordt groter, wat zich vertaalt in een lagere toon.

Licht heeft ook golfkenmerken en is dus onderhevig aan het Dopplereffect. Bij een naderende lichtbron wordt de golflengte kleiner en het licht blauwer. Een lichtbron die zich verwijdert wordt gekenmerkt door een grotere golflengte en daardoor een roodverschuiving van het uitgestraalde licht.

Het statisch heelal

Tot een stuk in de twintigste eeuw ging de wetenschap uit van een statisch heelal, een universum dat in zijn geheel niet groter of kleiner wordt. Uiteraard wist men reeds sinds de oudheid dat sterren en sterrenstelsels continu in beweging zijn. Maar men was ervan overtuigd dat deze (inter)galactische dans zich grosso modo binnen dezelfde eindige ruimte afspeelde.

Ook Einstein was minder dan een eeuw geleden nog van mening dat het universum statisch moest zijn, dat het in zijn geheel niet uitdijt of inkrimpt. Net als koffie met een scheut melk die ronddraait binnen het vaste volume van een kopje. Die stelling viel nochtans moeilijk te verdedigen. Indien een hoeveelheid massa zich binnen een bepaalde constante ruimte bevindt, zou de zwaartekracht deze materie naar het centrum moeten trekken. Het heelal zou moeten instorten.

Dat was ook de conclusie die zich opdrong toen Albert Einstein in het begin van de twintigste eeuw zijn algemene relativiteitstheorie ontwikkelde. In tegenstelling tot zijn natuur wilde de Duitse wetenschapper deze logica echter niet accepteren, het heelal moest voor hem absoluut statisch zijn. Daarom verzong hij dan maar de 'kosmologische constante'. Deze factor zag hij als 'iets' dat er voor zorgt dat de kosmos niet ineen klapt. Hij had er zelf echter geen idee van wat die constante dan wel moest zijn. Een soort antizwaartekracht? Eén of andere mysterieuze kracht die de materie belet om in te storten? Albert Einstein zou deze beslissing later de grootste blunder uit zijn leven noemen.

Nochtans had de Amerikaanse astronoom Vesto Slipher in de periode 1912-1914 reeds ontdekt dat een aantal sterrenstelsels zich met grote snelheid van ons af bewegen. Slipher was tot die conclusie gekomen

Georges Lemaître is één van de belangrijkste, maar toch minst bekende Belgische wetenschappers. Bij de verkiezing van de grootste Belg in 2005 kwam hij niet verder dan een 61^e plaats en werd daarbij voorafgegaan door onder andere Eddy Merckx, Ambiorix, Jan Declair, Kim Clijsters, Willy Vandersteen, Marc Uytterhoeven en Jean-Marie Pfaff...

Lemaître was priester en wetenschapper en gaf les aan de Katholieke Universiteit Leuven (KUL). De laatste zes jaar van zijn leven (1960-1966) was hij voorzitter van de Pauselijke Academie voor Wetenschappen. Een aantal van zijn inzichten waren visionair, maar toen deze konden bewezen worden was hij reeds overleden en de Nobelprijzen worden in principe niet postuum toegekend, alhoewel er wel een paar keer een uitzondering op deze regel gemaakt werd (de Zweden Karlfeldt in 1931 en Hammarskjöld in 1961 en de Canadees Steinman in 2011). Voor Georges Lemaître was deze eer echter niet weggelegd.

door het observeren van de roodverschuiving van deze stelsels. Maar in het begin schatte niemand (zelfs Albert Einstein niet) het belang van Sliphers stelling correct in.

Georges Lemaître

Om de juiste conclusie uit Vesto Sliphers werk te trekken was het wachten op een volgende briljante geest. Die man was Georges Lemaître. Maar toen hij daarin slaagde gaf de kalender reeds 1927 aan. Lemaître legde als eerste een lineair verband tussen de afstand en de snelheid waarmee sterrenstelsels van ons wegsnellen. Hoe verder de stelsels zich bevinden, hoe sneller ze zich van ons verwijderen. Een ontploffende handgranaat vormt een perfecte vergelijking op kleine schaal. Na een fractie van een seconde bevinden de snelst vliegende fragmenten zich verst van het ontploffingspunt, de traagste deeltjes hebben minder weg afgelegd. En indien men omgekeerd rekent blijken alle stukken op hetzelfde ogenblik op hetzelfde punt vertrokken te zijn. Het universum gedraagt zich net zo en dus exact als een kosmische granaat.

In 1931 publiceerde Lemaître zijn stelling dat het uiteenspattende heelal ooit een beginpunt moet gehad hebben, dat alles ontstaan is uit een minuscuul puntje in een extreem hoge energetische toestand. Hij noemde dit het oeratoom. Aanvankelijk kreeg zijn 'theorie van het kosmische ei', zoals hij het noemde, weinig aandacht en werd in 1950 door de Britse kosmoloog Fred Hoyle spottend de *big bang theory* genoemd. Lemaître bleek het echter bij het juiste eind te hebben. En de spotnaam werd de term waaronder de ondertussen algemeen aanvaarde theorie gekend is. Maar Hoyle zou nooit zijn ongelijk toegeven. Voor hem had het heelal geen begin.

Om cijfers met eindeloze reeksen nulletjes te vermijden wordt voor zeer grote en bijzonder kleine getallen van de wetenschappelijke notatie gebruik gemaakt.

10^{10} is bijvoorbeeld gelijk aan 10.000.000.000, een één met tien nulletjes erachter of tien miljard.

Bij 10^{-10} volgen er na de komma eerst negen nulletjes, wat resulteert in 0.0000000001.

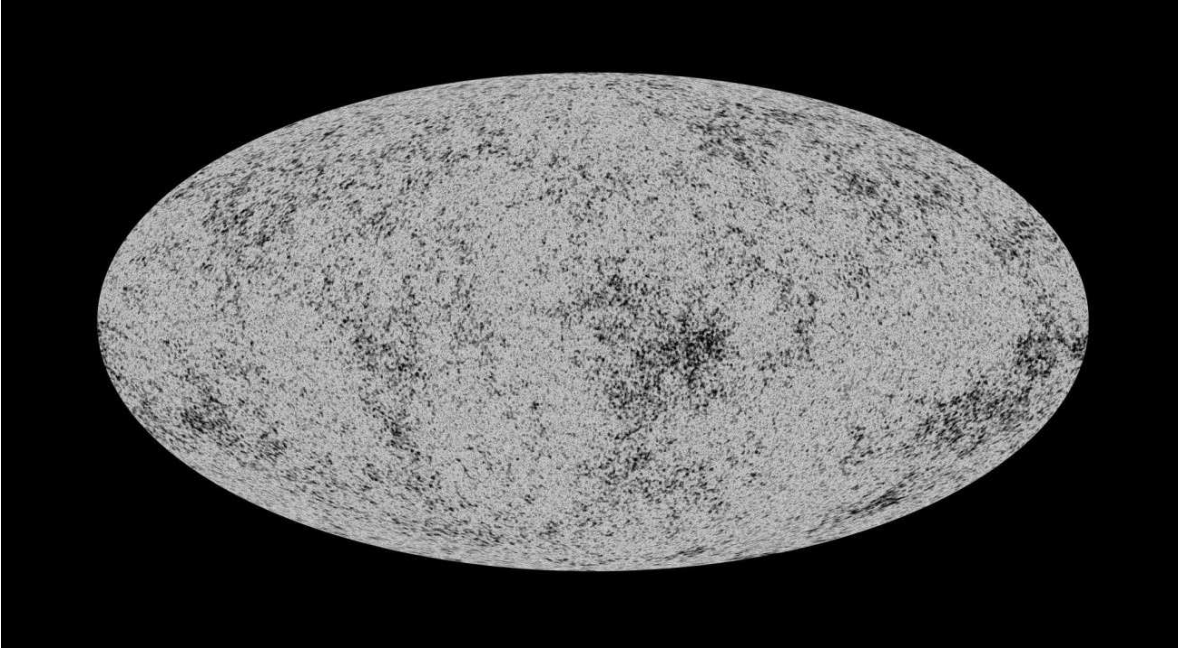
Van elk elementair deeltje bestaat er een materie- en een tegengesteld antimateriedeeltje. Wanneer deze elkaar ontmoeten annihileren ze allebei en worden ze omgezet in zuivere energie.

De big bang

Wat de *big bang* veroorzaakte en wat er net op het moment van de oerknal gebeurde blijft een raadsel. Hoe kan een singulariteit zonder afmetingen, die zich nergens en overal bevindt in een ruimte die nog niet bestaat, plots exploderen? Het begin van alles werd zonder twijfel gedomineerd door geheel eigen fysische wetten, die nog steeds een mysterie uitmaken. Waar kwam die singulariteit vandaan? Wat veroorzaakte de extreem hete ontploffing? Wat gebeurde er juist op het ogenblik van de explosie? Ondanks alle wetenschappelijke inspanningen blijft het puur gissen.

Stephen Hawking - de wetenschapper die geen introductie nodig heeft - deed heel wat onderzoek naar het begin van het universum. Wat hem betrof was er geen externe kracht nodig om de oerknal te veroorzaken. Vanuit de benadering van de kwantummechanica kan zoiets spontaan gebeuren. Maar een sluitende verklaring wist hij ook niet te bedenken, zelfs niet toen hij zijn toevlucht nam tot exotische begrippen zoals een 'imaginaire tijd', zodat het heelal geen begin had in de 'echte tijd' en het probleem van de singulariteit dus opgeborgen kon worden.

Maar over wat er zeer kort nadien gebeurde heeft de wetenschap wel een idee. In het begin moet er één oerkracht geweest zijn, die zich bijna meteen gesplitst heeft in de zwaartekracht, elektromagnetische kracht en de zwakke en sterke kernkracht, de vier natuurkrachten zoals we die nu kennen. De ruimte zelf werd groter en toen het heelal ongeveer 10^{-32} seconde oud was, startte er een enorme kosmische inflatie. Het universum - de ruimte waarin de expansie van de singulariteit plaats vond - werd bijzonder snel exponentieel groter, alsof het werd opgeblazen. In een fractie van een seconde groeide het heelal minstens 10^{78} of misschien zelfs 10^{100} keer.




Ongeveer 380.000 jaar na de oerknal ontstond in het superhete jonge heelal een grote hoeveelheid microgolfstraling, die ondertussen sterk afkoelde maar nog steeds aanwezig is. In 1965 ontdekten de radio-astrofysici Arno Penzias en Robert Wilson per toeval deze kosmische achtergrondstraling. Dit betekende meteen de definitieve aanvaarding van de *big bang* theorie als verklaring voor het ontstaan van het universum. Want het feit dat deze straling zich overal bevindt en redelijk gelijkmatig verdeeld is bewijst dat de oerknal zich voordeed in het volledige, maar toen nog relatief kleine (vergeleken met nu) gloeiend hete heelal. Met de uitdijning en afkoeling van het universum daalde ook de sterkte van de achtergrondstraling. Penzias en Wilson kregen voor hun ontdekking in 1978 de Nobelprijs voor de Natuurkunde. Foto: De microgolfachtergrondstraling in beeld gebracht met de Planck ruimtetelescoop.²

Nog binnen die eerste seconde ontstonden in de gloeiend hete hoog-energetische ruimte een grote massa elementaire deeltjes, bestaande uit materie en antimaterie. Er werd tijdens deze fase van de 'baryogenese' echter een heel klein percentage meer materie dan antimaterie gevormd. Waarom kan opnieuw niet verklaard worden. Nog steeds vóór het universum een seconde oud was annihilierden de materie- en antimateriedeeltjes elkaar, zodat ze terug in zuivere energie omgezet werden. Na dit proces bleef er slechts 10^{-10} van de origineel gevormde deeltjes over, een extreem kleine fractie. Maar toch was deze minieme rest voldoende om ons volledige universum te vormen. Dat op zich geeft reeds de immense omvang van de baryogenese aan.

Over dit annihilieren met een rest aan materiedeeltjes zijn overigens niet alle wetenschappers het eens. Een andere theorie stelt dat er net na de *big bang* exact evenveel materie- als antimateriedeeltjes gevormd werden, maar dat om een onverklaarbare reden een overschot van materiedeeltjes aan 'onze zijde' van het universum overbleef, en het restant van de antimaterie aan een 'andere zijde', zodat deze deeltjes niet annihilierden. Bewijzen hiervoor zijn er echter niet.

Na die eerste hectische seconde begon alles te vertragen. Na zes seconden verschenen de eerste elektronen en na anderhalve minuut begonnen zich atoomkernen te vormen. Het duurde ongeveer 379.000 jaar voor de eerste atomen (vooral waterstof) ontstonden. In het begin waren de atomen redelijk uniform in de ruimte verdeeld, maar kleine fluctuaties lieten de zwaartekracht toe om atomen in gaswolken samen te trekken, van waaruit ongeveer 400 miljoen jaar na de oerknal de eerste sterren ontstonden. In 2011 werd nog een bijkomend bewijs voor de correctheid van de *big bang* theorie geleverd, toen astronomen hoeveelheden van het oorspronkelijke gas ontdekten dat kort na de oerknal gevormd werd.



Het jonge universum. Rond een kern van supermassieve zwarte gatën ontstaan zeer heldere quasars, die gloeiend gas en stof naar het centrum van de nieuwe sterrenstelsels trekken en heel veel (radio)straling uitstoten. De eerste stelsels dateren we op ongeveer één miljard jaar na de *big bang*. In die beginfase waren de stelsels betrekkelijk klein en stonden ze veel dichterbij elkaar dan nu. Regelmatig waren er dan ook botsingen waardoor stelsels samsmolten en in een kosmische rondedans de grotere sterrenstelsels vormden die we nu waarnemen.³



'It is easier to believe that there was nothing before there was something, than there was something before there was nothing.'

Sir Julian Huxley (1887 – 1975), Brits evolutiebioloog en auteur, stichtend lid van het *World Wildlife Fund* (WWF) en eerste directeur van de UNESCO.

WAT WAS ER VOOR HET BEGIN?

Zullen we er ooit in slagen om op deze vraag een bevredigend antwoord te vinden? Materiële sporen van wat er voor de oerknal zou kunnen bestaan hebben liggen buiten ons bereik. Daarom beschikken we enkel over de menselijke verbeeldingskracht en wiskunde, heel veel wiskunde. En die combinatie leidde reeds tot een resem veronderstellingen en min of meer vergezochte en wilde theorieën.