

God ja? God nee?

God ja? God nee?

Met de kennis van nu ...

Frans Kömhoff



© 2022 Frans Kömhoff

Uitgever: Kombo Publishers

Redactie: Haags Bureau | Boekenmakers

Vormgeving en omslagontwerp: Haags Bureau | Boekenmakers

Beeld omslag: Shutterstock.com

Tekening figuur 17 en 19: Daniël Maas

Druk: Pumbo.nl

kombopublishers@gmail.com

ISBN 978-90-832681-0-1

NUR 320, 730

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Een aantal afbeeldingen is afkomstig van Wikipedia. Als blijk van dank hiervoor heeft de uitgever een donatie aan Wikipedia gedaan.

De auteur heeft zijn uiterste best gedaan om bronnen en rechthebbenden van beeldmateriaal dat wordt gebruikt te achterhalen. Wanneer desondanks beeldmateriaal wordt getoond waarvan u (mede-)rechthebbende bent en voor het gebruik waarvan u geen toestemming hebt verleend, kunt u zich in verbinding stellen met de auteur/uitgever.

Voor Eera

Inhoud

Voorwoord	11
Hoofdstuk 1 : God(s)bewijzen	15
Hoofdstuk 2 : Religies op het rooster	25
Hoofdstuk 3 : Kritik der Philosophie	39
Hoofdstuk 4 : De cruciale gebeurtenissen van het heelal	51
Hoofdstuk 5 : Het Heelal van het Toeval	61
Hoofdstuk 6 : De hemelvaart van de geest	67
Hoofdstuk 7 : Lichaam-Geest probleem	71
Hoofdstuk 8 : Antwoorden op de Grote Vragen	77
Hoofdstuk 9 : Het einde van het heelal	85
Hoofdstuk 10: De toekomst van het heelal	93
Slotwoord	97
Appendix 1 : Isaac Newton	101
Appendix 2 : Charles Darwin	107
Appendix 3 : Albert Einstein	115
Appendix 4 : Kwantummechanica	133
Appendix 5 : Stephen Hawking	153
Verklarende Woordenlijst	163

*“Do not fear to be eccentric
in opinion, for every
opinion now accepted was
once eccentric.”*

Bertrand Russell

Voorwoord

Eenieder met gezond verstand had dit boek kunnen schrijven: het is slechts een logische extrapolatie van wat briljante geesten uit het verleden hebben bedacht. Ik noem slechts enkele namen: Isaac Newton, Charles Darwin, Albert Einstein en Stephen Hawking. En uiteraard mag ik de diverse grondleggers van de kwantummechanica, zoals Max Planck, Niels Bohr en vele anderen niet vergeten. Zij zijn de werkelijke helden. De meesten zijn inmiddels overleden, maar er staat alweer een nieuwe generatie briljante geesten klaar om hun werk voort te zetten.

In dit boek is een belangrijke rol weggelegd voor de natuurwetenschap, en je kunt je terecht afvragen wat dan het nut is van die natuurwetenschap om metafysische vraagstukken, zoals het al dan niet bestaan van God, te verklaren. Het antwoord hierop is simpel: hoegenaamd geen enkel! De fysica kan en wil geen metafysische problemen oplossen. Toch is de fysica van groot belang, omdat zij de natuurkundige verschijnselen in het heelal kan opsporen waarbij de hand van God niet vereist was: de verschijnselen die door louter toeval zijn ontstaan. Of, nog anders gezegd: de verschijnselen die geen aanwijsbare oorzaak hebben.

In die zin hebben we meer te verwachten van de natuurwetenschap dan van de filosofie. Filosofen denken al meer dan 2600 jaar na over het al dan niet bestaan van God, maar zijn wat dit betreft nog niet veel verder gekomen. Toch neem ik ook

de verworvenheden van de filosofie mee in mijn verhaal, omdat de grote denkers eeuwenlang ideeën hebben ontwikkeld die wellicht van pas kunnen komen. Met name het lichaam-geest probleem is relevant bij mijn analyse van de religies.

Ik wil mijn verhaal zo simpel mogelijk vertellen, door zo weinig mogelijk gebruik te maken van wiskundige formules. Zo kan de leek zonder al te veel voorkennis de essentie van de onderliggende complexe materie begrijpen, indachtig de woorden van Albert Einstein: "Als je het niet kunt uitleggen aan een zesjarige, dan begrijp je het zelf niet".

Wiskundige formules schijnen mensen af te schrikken en dat is jammer, want een formulefobie is in feite ongegrond. Voor de fysicus is een wiskundige formule het toppunt van schoonheid, omdat het de meest compacte schrijfwijze is om zelfs een hele natuurkundige theorie samen te vatten. Wat te denken van wellicht de bekendste formule $E=mc^2$? Met een beetje fantasie zou je zelfs kunnen stellen dat wiskundige formules de 'zwarte gaten' zijn in de kosmos van de kennis.

In dit boek ga ik een drietal religies, te weten het jodendom, het christendom en de islam tegen het licht houden, op basis van deze drie criteria:

- » Hoe kijkt de wetenschap, en met name de fysica, aan tegen deze religies?
- » Welke aanwijzingen levert de geschiedenis op, met andere woorden: wat is de statistische waarschijnlijkheid om aan de geschiedenis waarheid te ontlenuen?
- » Welke tegenstrijdigheden zijn er te vinden met behulp van de logica?

Gezien de beperkte omvang van dit boek kan het niet anders dan dat ik met grote stappen door de desbetreffende vakgebieden heb moeten snellen, terwijl ik tevens heb moeten

trachten de essentie van een en ander te vangen. Ik hoop van harte dat dit enigszins gelukt is. Om de onderliggende theorieën te kunnen duiden, heb ik in enkele appendices een zeer beknopte introductie opgenomen, alsmede een korte beschrijving van de respectievelijke ontdekkers. Je hoeft deze appendices niet per se te lezen, maar wanneer je wilt begrijpen hoe natuurlijke selectie werkt, ga dan naar Appendix 2: Charles Darwin.

Wil je begrijpen waarom de tijd stil stond vóór de *Big Bang*, ga dan naar Appendix 3: Albert Einstein. Kennis van de klassieke mechanica van Isaac Newton (Appendix 1) is nuttig om de theorieën van Einstein in het juiste perspectief te kunnen plaatsen.

Wanneer je de ‘theorie van alles’ wilt begrijpen, dan is enig inzicht in de kwantummechanica (Appendix 4) onvermijdelijk. Wil je begrijpen hoe zwarte gaten ontstaan, ga dan naar Appendix 5: Stephen Hawking.

In feite kun je deze appendices beschouwen als een speed-cursus in de desbetreffende theorieën. Een basiskennis is absoluut noodzakelijk om de essentie van het ontstaan en de evolutie van zowel het heelal als de mens te kunnen bevatten. Voor definities van veel gebruikte termen verwijs ik je naar de Verklarende Woordenlijst achterin dit boek.

Mijn verhaal is gelardeerd met persoonlijke bespiegelingen die soms wat verdergaan dan de reikwijdte van dit boek, met hier en daar een luchtige noot. De onderliggende stof is immers al taai genoeg. Wanneer ik sommige lezers met mijn taalgebruik op hun ziel heb getrapt, betreur ik dat. Het is nooit mijn intentie geweest om wie dan ook te kwetsen.

Dan nog even dit. Ik probeer niemand mijn geloofsovertuiging op te dringen en wil enkel mijn eigen verhaal vertellen, op basis van de wetenschappelijke kennis van nu. Wanneer je me

echter betraapt op feitelijke onjuistheden, zou ik het zeer op prijs stellen als je dit, via mijn uitgever, kenbaar zou willen maken, zodat ik een en ander in een volgende druk kan corrigeren.

Hoofdstuk 1: God(s)bewijzen

Sinds mensenheugenis kijkt de mens naar de kosmos, en is dan zodanig onder de indruk van de grootsheid van het uitspannel dat hij concludeert dat hier een creator achter moet zitten. Wetenschappers kijken door hun microscoop en zijn net zo diep onder de indruk van de schoonheid van de microkosmos. Zij komen tot eenzelfde conclusie.

Vanuit deze gedachten is de zogenaamde *Intelligent Design*-beweging ontstaan. Aanhangers claimen dat de complexiteit van de natuur alleen verklaard kan worden door het bestaan van een intelligente ontwerper. Ze zijn net zoals de oude Grieken, die een (af)god plakten op ieder fenomeen dat ze niet konden verklaren. Het *Intelligent Design*-argument is een pseudo-godsbewijs dat wetenschappelijk geen stand houdt.

Laten we daarom bezien of we door middel van de wetenschappelijke methode, dus door middel van verificatie en falsificatie, een eind kunnen komen, want de exacte wetenschap levert in de regel betrouwbare uitkomsten op.

We hebben hier echter te maken met een metafysisch fenomeen, en de exacte wetenschap is nu eenmaal niet in staat om op de vraag of God al dan niet bestaat een direct antwoord te geven.

Als God zelf ooit op aarde zou zijn geweest, en men had dit door objectieve waarneming onomstotelijk vastgelegd, dan was daarmee het godsbewijs geleverd. Die kans is er in ieder geval eenmalig geweest, namelijk toen Mozes op de berg Sinaï met God heeft gesproken en de twee tafelen met de tien geboden in ontvangst heeft genomen. Naar verluidt waren beide tafelen niet alleen door God gemaakt, maar ook beschreven met diens vinger.



Figuur 1. Mozes smijt de twee tafelen stuk.

Indien we deze tafelen hadden kunnen traceren, dan hadden we mogelijkwerwijs, met de nieuwste DNA-technieken, DNA-materiaal van God kunnen opsporen. Helaas smeed Mozes, toen hij de berg was afgedaald, de stenen tafelen aan gruzelementen, omdat hij zag dat zijn volk het gouden kalf aanbad. Verder heeft Mozes geen enkel ander tastbaar bewijs meegebracht, zodat we hem alleen op zijn woord moeten geloven. Datzelfde geldt trouwens ook voor de profeet

Mohammed met betrekking tot zijn ontmoeting met de aartsengel Gabriël, die hem de teksten van de Koran heeft ingefluisterd.

Jammer genoeg is het relaas van één persoon die iets gezien of gehoord heeft, of denkt iets gezien of gehoord te hebben, een te smalle basis om als algemeen aanvaardbaar bewijs te dienen. Was destijds onomstotelijk vast komen te staan dat God werkelijk bestaat, dan had onze geschiedenis een heel andere wending genomen. In ieder geval een stuk minder gewelddadig.

Recentelijk is er nogmaals een voorval geweest waarbij God zich openbaarde op aarde. Tijdens het Wereldkampioenschap voetbal in Mexico-Stad in 1986 scoorde Diego Maradona in de wedstrijd van Engeland tegen Argentinië een magistraal doelpunt met de 'Hand van God'. Achteraf bleek het toch de eigen hand van Maradona te zijn geweest.

Wat vertelt ons de geschiedenis?

In de tijden vóór Christus vond de overlevering voornamelijk mondeling plaats, en zo ging het eeuwenlang, al vanaf de tijd van aartsvader Abraham (circa 1800 jaar v. Chr.), van generatie op generatie. Het moge duidelijk zijn dat het lastig is om de waarheid te destilleren uit zo'n lange mondelinge overleveringsketting.

Van recentere datum is de overlevering van het leven van Jezus Christus, opgetekend door de vier evangelisten Matteüs, Johannes, Marcus en Lucas.

Er zijn ook schriftelijke overleveringen bekend uit het vijandelijke kamp, namelijk dat van de Romeinen.

Hun overleveringen zijn niet in tegenspraak met die uit de Bijbel. Met het journalistieke principe van hoor en wederhoor in gedachten, is men het er wetenschappelijk wel over eens dat er rond het begin van onze jaartelling in Israël wellicht een figuur heeft rondgelopen, genaamd Jezus, die omringd

was door een aantal volgelingen. De daden van Jezus Christus worden echter door iedereen anders geïnterpreteerd. Maar op zich zegt dat nog niets; sektes en sekteleiders zijn van alle tijden.

Godsbewijs op basis van de logica

In de geschiedenis zijn diverse pogingen ondernomen om te bewijzen dat God bestaat. Laten we er hier een paar onder de loep nemen.



Anselmus van Canterbury (1033-1109)

Anselmus was een Italiaanse filosoof en theoloog. Hij was een devoot christen, getuige zijn uitspraak: *“For I do not seek to understand in order to believe, but I believe in order to understand. For I believe this: unless I believe, I will not understand”*.

Anselmus wordt beschouwd als de grondlegger van de scholastiek (de kerkelijke intelligentsia in de middeleeuwen) en is vooral bekend door zijn ontologisch godsbewijs. Dat luidde als volgt:

- 1 God is het meest volmaakte wat wij ons kunnen voorstellen.
- 2 Bestaan is volmakter dan niet-bestaan.
- 3 Ergo, God bestaat.

De filosoof Immanuel Kant (1724-1804) heeft het godsbewijs van Anselmus in zijn *Kritik der reinen Vernunft* afgewezen op grond van zijn opvatting dat ‘bestaan’ geen eigenschap is en dat ‘bestaan’ niet volmakter kan zijn dan ‘niet-bestaan’.



Thomas van Aquino (1225-1274)

Thomas van Aquino was een Italiaanse filosoof en theoloog. Hij was de meest invloedrijke denker binnen de middeleeuwse scholastiek en heeft een vijftal godsbewijzen geproduceerd. Wij bespreken het meest bekende, namelijk het bewijs van de eerste beweging.

De redenering van Van Aquino is als volgt: niets in onze zintuiglijke

wereld beweegt uit zichzelf en moet derhalve door iets bewogen worden. Dat 'iets' moet op zijn beurt ook weer door iets anders worden bewogen, en zo verder.

Maar, stelt Thomas, zo kun je niet oneindig doorgaan en daarom moet er een allereerste beweging zijn. Deze Onbewogen Beweging zal door iedereen als God worden begrepen.

Hier zijn de eigen woorden van Thomas: "Het is noodzakelijk iets aan te nemen wat vanuit zichzelf noodzakelijk is, en geen oorzaak heeft voor zijn noodzakelijkheid buiten zichzelf maar veeleer de oorzaak is van de noodzakelijkheid van andere dingen. En dit wordt door alle mensen God genoemd".

Zelfs al zou er zoiets bestaan als de Onbewogen Beweging, dan hoeft deze niet per se gelijk aan God te zijn. Diverse filosofen en theologen hebben Thomas van Aquino's godsbewijs om andere redenen afgewezen. Met de kennis van nu weten we dat in de kwantumwereld wél degelijk verschijnselen kunnen optreden zonder aanwijsbare oorzaak.



René Descartes (1596-1650)

De Franse filosoof en wiskundige René Descartes was de grondlegger van het rationalisme, waarmee de periode van de Verlichting werd ingeluid.

Hij wordt ook wel de 'vader van de moderne wijsbegeerte' genoemd. Descartes gaat er, kort door de bocht, van uit dat het denken van de mens is gesloten, en daarom

eindig is. Derhalve kan het idee van oneindigheid niet uit de mens zelf komen, maar moet het een oorsprong hebben buiten de mens. Deze oorsprong zou dan God moeten zijn.

Descartes trekt weliswaar een quasi-logische conclusie uit een metafysisch uitgangspunt, maar het uitgangspunt zelf is op zijn minst discutabel. Het is daarom een conclusie gebaseerd op drijfzand.



Baruch Spinoza (1632-1677)

Baruch Spinoza was een Nederlands-joodse filosoof en wordt ook beschouwd als een van de grondleggers van de Verlichting. Hij bepleitte vrijheid van godsdienst en meningsuiting, alsmede een strikte scheiding van kerk en staat.

Spinoza redeneerde als volgt: "Onmogelijkheid om te bestaan is onmacht en mogelijkheid om te bestaan is macht. Als er niets noodzakelijk bestaat tenzij eindige dingen, volgt daaruit dat eindige dingen machtiger zijn dan het absolute oneindige wezen". Dit is absurd, volgens Spinoza. Daarom bestaat er

ofwel niets, of bestaat het absolute oneindige wezen ook. Het is duidelijk dat wij bestaan, dus het absolute oneindige wezen moet ook bestaan. Ergo, God bestaat noodzakelijkerwijs. In dit 'godsbewijs' stelt Spinoza a priori dat er een absoluut oneindig wezen bestaat. Sommige filosofen noemen dit, eufemistisch uitgedrukt, een axiomatisch bewijs en dat wil zeggen dat het in feite helemaal geen bewijs is. Spinoza had overigens een bijzonder godsbeeld. In zijn ogen was God geen persoon, maar was God alom aanwezig in de natuur.

Voorname figuren hadden gemeenschappelijk dat allen diepgelovig waren. Kennelijk is het lastig om vanuit die attitude een neutrale, onafhankelijke redentatie op te bouwen.

Verschillende godsbewijzen hebben de vorm van een syllogisme.

Laat me eerst een voorbeeld geven van een correct syllogisme:

Socrates is een mens.

Alle mensen zijn sterfelijk.

Dus Socrates is sterfelijk.

Godsbewijzen in syllogisme-vorm luiden, qua inhoud, vaak als volgt:

Alle mensen zijn sterfelijk.

Onsterfelijkheid is een hogere hoedanigheid dan sterfelijkheid.

Dus bestaat er een wezen dat onsterfelijk is, namelijk God.

Hier maakt men zelfs twee logische denkfouten in hetzelfde syllogisme.

Nu bestaan er diverse andersoortige godsbewijzen, maar per saldo blijken het allemaal óf tautologieën óf cirkelredeneringen óf drogredeneringen te zijn. Wat dit betreft valt er ook voor de toekomst niet veel te verwachten.

Gedachte-experiment

Er is evenwel nog één klein sprankje hoop op een hoogst onwaarschijnlijke, hypothetische gebeurtenis, namelijk de volgende. Het is niet uitgesloten dat er elders in het heelal ander leven bestaat, wezens die misschien veel intelligenter zijn dan wij. Stel nu dat er zulke wezens leven op planeten die ongeveer 2500 lichtjaren of verder verwijderd zijn van de aarde. Dan zouden deze superintelligente wezens met hun superkrachtige telescopen binnenkort de ontmoeting van God met Mozes op de berg Sinaï kunnen vastleggen. Als deze wezens verder zo vriendelijk zouden willen zijn om deze beelden naar de aarde te sturen, dan zouden, op zijn vroegst over 2500 jaar, onze nakomelingen een YouTube-filmpje met God in de hoofdrol kunnen bekijken. Daarmee is dan het vraagstuk van het al dan niet bestaan van God in één klap empirisch opgelost. Helaas geldt dat niet voor de engel Gabriël, want die verscheen, 1250 jaar na Mozes, in een grot aan de profeet Mohammed. Derhalve heeft het licht van deze ontmoeting de buitenwereld nooit kunnen bereiken.

Nu de bestaande godsbewijzen ons helaas geen basis bieden om op voort te borduren, rest ons niets anders dan onze zoektocht voort te zetten om dié gebeurtenissen in het ontstaan en ontwikkeling van ons heelal op te sporen welke zich, zonder inmenging van God, voltrokken zouden kunnen hebben.

Laat ons daarom het ontstaan en de ontwikkeling van ons heelal vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt onder de loep nemen. Maar eerst maken we nog een kort kritisch uitstapje langs religie en filosofie.

Hoofdstuk 2: Religies op het rooster

Het jodendom, het christendom en de islam worden ook wel de Abrahamitische religies genoemd, vanwege het feit dat ze alle drie de aartsvader Abraham als hun stamhouder erkennen. Het is een wijdverbreid misverstand dat ze ook een en dezelfde God erkennen. Joden en christenen erkennen de laatste profeet Mohammed niet, en daarom ook Allah en de Koran niet.

De moslims erkennen op hun beurt dat Jezus weliswaar een profeet was, maar zij geloven niet dat hij de zoon van God was. De joden erkennen Jezus niet als de messias, in feite erkennen zij de Drievuldigheid niet en volgens hen moet de messias nog komen.

De percepties van God liggen bij de drie religies dus mijlenver uit elkaar, ze zijn verre van compatibel. Als daarom in de tekst van een specifieke God sprake is, wordt dit als volgt genoteerd: God (Jaweh) in geval van het jodendom, God (Vader) in geval van het christendom en God (Allah) in geval van de islam. Laten we vervolgens de drie religies separaat onder de loep nemen.

Het christendom

Laat ik beginnen met een beknopte versie van het scheppingsverhaal volgens het boek Genesis uit het Oude Testament:

Eerste dag: In den beginne schiep God de hemel en de aarde. Vervolgens sprak Hij: “Er zij licht”. En er was licht.

De eerste zin uit de Bijbel roept al meteen de vraag op waar God woonde vóór de schepping? Kennelijk is Hij na de schepping verhuisd naar de hemel, want daar verblijft Hij volgens de Bijbel tot in alle eeuwigheid.

Tweede dag: God sprak: “Er zij een uitspansel”.

En onmiddellijk vertoonde zich het blauwe hemelgewelf.

Derde dag: God scheidde het water van de aarde en er verschenen planten en bomen.

Vierde dag: God schiep de zon, de maan en de sterren.

Vijfde dag: God sprak: “Dat er vissen zwemmen in het water, en vogels vliegen in de lucht”. En God zag dat het goed was.

Zesde dag: God sprak: “Dat de aarde allerlei dieren voortbrengt”. En zo geschiedde. Daarna schiep God de mens naar zijn beeld en gelijkenis.

Zevende dag: God rustte uit, en Hij zegende en heiligde deze dag.

De allereerste zin uit de Bijbel botst al frontaal met de natuurwetenschap, die zegt dat het heelal, dus ook de aarde, ontstaan is uit de oerknal.

De kerk en de natuurwetenschap hebben door de eeuwen heen voortdurend op gespannen, zo niet vijandige voet met elkaar gestaan, omdat de uitkomsten van de natuurwetenschap steeds conflicteerden met het Bijbelse scheppingsverhaal.

De centraal aangestuurde kerk vanuit Rome stond altijd klaar om commentaar te geven op cruciale wereldse gebeurtenissen. Dit was nauwelijks het geval vanuit de joodse religie en de islam. Laten we beginnen om enkele belangrijke

paradigmaverschuivingen in de natuurwetenschap en de reactie daarop van de rooms-katholieke kerk te beschouwen.



Nicolaas Copernicus (1473-1543)

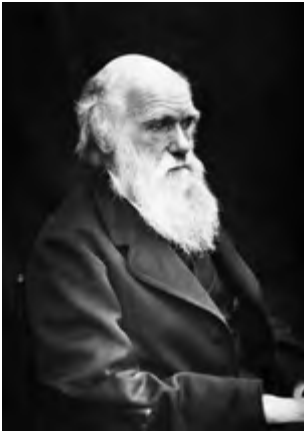
Vanaf de jaartelling was de Kerk eeuwenlang het machtigste instituut in de maatschappij, zowel in geestelijke als in materiële zin. Tot laat in de middeleeuwen geloofde men dat de aarde plat was en het centrum was van het heelal, conform het

Bijbelse scheppingsverhaal. Maar uitgerekend een kanunnik, de Pool Nicolaas Copernicus, introduceerde rond 1532 het heliocentrisch model dat stelt dat niet de aarde, maar de zon het centrum van het heelal is en dat de planeten hieromheen cirkelen. Dit standpunt stond diametraal tegenover het standpunt van de Kerk dat de aarde, die daar sinds de Griekse oudheid onbeweeglijk had gestaan, het middelpunt van het heelal was.

Copernicus kwam op zijn revolutionaire idee door zich voor te stellen dat hij op de zon stond. Vanuit deze positie kon hij de omwentelingen van de hemellichamen beter verklaren dan vanuit zijn positie op aarde.

Zijn theorie werd opgemerkt in Rome en Copernicus werd als expert/astronoom uitgenodigd voor een Vaticaans Concilie, maar hij durfde niet te gaan, bang dat zijn kosmologische opvattingen in slechte aarde zouden vallen bij de rooms-katholieke kerk. Pas jaren later, in het jaar van zijn dood in 1543, werd zijn boek *Over de omwenteling van de hemellichamen* gepubliceerd. In 1616 werd het op de Pauselijke Index van verboden boeken geplaatst.

Wegens het verkondigen van de denkbeelden van Copernicus werd de Italiaanse filosoof Giordano Bruno (1548-1600) op gezag van de Kerk veroordeeld tot de brandstapel. Op 17 februari 1600 werd zijn vonnis voltrokken. Ook zijn boeken werden op de Index gezet. De Italiaanse natuurkundige Galileo Galilei (1564-1642) bleef het werk van Copernicus publiekelijk verdedigen, en met name de stelling dat de aarde zelf beweegt, leidde tot het ingrijpen van de kerkelijke autoriteiten. In 1633 werd Galilei door de Inquisitie veroordeeld tot huisarrest voor de rest van zijn dagen.



Charles Darwin (1809-1882)

Charles Darwin is de bedenker van de evolutietheorie.

Hij ontdekte dat de dieren die zich, in de strijd om het bestaan, het beste konden aanpassen aan hun omgeving of aan veranderende omstandigheden, de beste overlevingskansen hadden. Dit proces noemde hij 'natuurlijke selectie'. Hij constateerde verder dat bij alle soorten

bepaalde gunstige eigenschappen werden doorgegeven aan nakomelingen. Ook kwam hij tot de conclusie dat al het leven op aarde een gemeenschappelijke afstammeling zou moeten hebben. Hij beschreef zijn theorie in zijn beroemd geworden boek *On the Origin of Species*, maar het duurde twintig jaar voordat Darwin zijn boek durfde te publiceren. Hij wist dat het zou conflicteren met het Bijbelse scheppingsverhaal. De reactie van de Kerk laat zich raden. De stelling dat een dierenziel zich tot een mensenziel zou kunnen ontwikkelen was totaal onacceptabel. Ook was de Kerk bang dat het Darwinisme zou kunnen leiden tot materialisme en atheïsme.



Gregor Mendel (1822-1884)

De Tsjech Gregor Mendel, monnik in de orde der Augustijnen en ontdekker van de erfelijkheidswetten, was een tijdgenoot van Charles Darwin. Mendel begon in zijn kloostertuin te experimenteren met het kruisen van met name eetbare erwten en leidde hieruit

de statistische verbanden af, die de basis vormden voor de wetenschap van de genetica. Samen met Charles Darwin wordt Gregor Mendel beschouwd als de vader van de moderne biologie. De ontdekkingen van Mendel waren in die tijd zo revolutionair, dat de Kerk al zijn wetenschappelijke werken liet verbranden.



Georges Lemaître (1894-1966)

Georges Lemaître was een Belgische katholieke priester en tevens briljant astrofysicus. Hij borduurde voort op zijn ontmoeting met de Amerikaanse astrofysicus Edwin Hubble (1889-1953), die uit zijn kosmische waarnemingen had geconcludeerd dat het heelal uitdijt; en des te verder de sterrenstelsels zich van ons bevinden, des te sneller zij

zich van ons verwijderen. Lemaître ging in feite de kosmische film achterstevoren afdraaien en redeneerde als volgt: "Als het heelal alsmäär uitdijt, dan moet het in het verleden alsmäär kleiner zijn geweest tot een beginpunt met een enorm compacte massa". Die massa noemde hij het 'oeratoom'.

Op 19 mei 1931 kopte de *New York Times*: “Lemaître suggésts *One, Single, Great Atom, embracing all energy, started the universe*”. Ook zou volgens hem de tijd starten op ‘de dag zonder gisteren’. Deze theorie zou later bekend worden onder de naam *Big Bang*.

Na zijn ontdekking hield Lemaître zijn theorie gedurende een tiental jaren onder de pet, bevreesd als hij was dat hij hiermee in conflict met Rome zou komen. Toen hij uiteindelijk door Paus Pius XII werd ontboden, ging hij met lood in de schoenen naar Rome. Tot zijn grote verbazing reageerde de Paus evenwel opgetogen toen hij het verhaal van Lemaître vernam. De Paus zag in de *Big Bang* het wetenschappelijke bewijs dat er een begin van de schepping geweest moest zijn. Deze keer leidde een paradigmaverandering in de opvattingen over het ontstaan van ons heelal niet tot een storm van protesten vanuit Rome, in tegendeel.

Inmiddels zijn we aanbeland in de tegenwoordige tijd, en nu zien we dat de rooms-katholieke kerk zich in een diepe crisis bevindt. Het geringe aantal roepingen brengt het functioneren van de kerk in gevaar. De kerken lopen leeg en worden omgebouwd tot wooneenheden of feestzalen. Er zijn, op het moment van schrijven, nog slechts een tiental Nederlandse kandidaat-priesters in opleiding. Er worden voornamelijk priesterstudenten uit het buitenland gerekruteerd, met name uit India. In die zin is Nederland een missieland geworden. Er gaan stemmen op om het priesterambt aantrekkelijker te maken door het celibaat af te schaffen, maar daar wil het conservatieve Rome nog niet aan.

De schandalen rond de rooms-katholieke kerk stapelen zich op. Ik kan er niet omheen om het probleem van de misbruik-priesters te benoemen. Je vraagt je af wat er in het hoofd van zo'n misbruik-priester omgaat, op het moment dat hij zichzelf

in de spiegel ziet. Hij moet toch beseffen dat zijn kansen op het eeuwige leven drastisch zijn gereduceerd door zijn eigen toedoen. Misbruik-priesters van rooms-katholieke huize hebben natuurlijk een ontsnappingsroute, in de vorm van het sacrament van de biecht. Met wat schietgebedjes wordt zijn ziel witgewassen. Er is een gereede kans dat hij in de biechtstoel een misbruik-biechtvader aantreft (of bewust opzoekt) die hem probleemloos de absolutie zal verlenen. Maar buiten de rooms-katholieke kerk is resetten niet mogelijk. Het kan dan ook niet anders dan dat niet-roomse misbruik-priesters met een gigantisch gewetensconflict hun leven moeten vervolgen. Alles overziend, kan ik me niet aan de indruk onttrekken dat de geschiedenis van de roomse kerk steeds meer gaat lijken op de *'Rise and fall of the Roman Empire'*.

De islam

De islam is een relatief jonge religie die ontstaan is rond 610 na Chr. toen de aartsengel Gabriël (Djibriel) aan de profeet Mohammed verscheen in een grot in de berg Hira, nabij Mekka. Naar verluidt heeft God (Allah) de Koran in de vorm van verzen (soera's), via de aartsengel Gabriël, rechtstreeks doorgegeven aan de profeet Mohammed. Deze overdracht vond plaats over een periode van ongeveer 23 jaar, op verschillende plekken in Arabië.

De communicatie ging steeds in de Arabische taal. 'Allah' betekent God in het Arabisch en 'Koran' betekent recitatie of declamatie. De 1,6 miljard moslims op deze wereld dienen de Koran in het Arabisch te lezen of te declameren, een vertaling wordt als niet authentiek beschouwd. God (Allah) was kennelijk eentalig.



Figuur 2. Afbeelding uit 1307 van de profeet Mohammed met de aartsengel Gabriël.

Nu bevatten de verzen van de Koran ontegenzeggelijk gewelddadige passages, maar in de Bijbel kunnen ze er ook wat van waar het gruwelijkheden en bloederig geweld betreft. Enkele voorbeelden:

Samuel 15:3

Ga nu heen, en sla Amalek, en verwoest alles wat hij heeft, en spaar hem niet; maar doodt mannen en vrouwen, kinderen en zuigelingen, ossen en schapen, kamelen en ezels.

Jesaja 13:16

Ook zullen hun kinderen voor hun ogen verpletterd worden; hun huizen zullen geplunderd, en hun vrouwen geschonden worden.

Ezechiël 9:6

Ontzie niemand en heb geen medelijden. Dood ouderen, jongemannen en meisjes, kleine kinderen en vrouwen, om hen ten gronde te richten.

Lukas 19:27

Maar deze vijanden van mij, die niet wilden dat ik over hen koning zou zijn, breng ze hier en sla ze hier voor mijn ogen dood.

Matteüs 13:42

En zij zullen hen in de vurige oven werpen; daar zal gejammer zijn en geknars van tanden.

Dit zijn slechts enkele voorbeelden van de talloze gewelddadige passages uit de Bijbel. Maar, er is één essentieel onderscheid tussen de Bijbel en de Koran:

De Bijbel is een verhalenbundel geschreven door minstens veertig verschillende auteurs, en de Koran is letterlijk het woord van één God (Allah).

Zie hieronder enkele voorbeelden van Koranteksten die betrekking hebben op niet-gelovigen:

2-191. En doodt hen, waar gij hen ook ontmoet en drijft hen uit, vanwaar zij u hebben uitgedreven; want vervolging is erger dan doden. En bevecht hen niet nabij de heilige Moskee, voordat zij u daarin bevechten. Maar indien u bevechten, bevecht hen dan – zo is de vergelding voor de ongelovigen.

5-33. De vergelding dergenen die oorlog tegen Allah en Zijn boodschappers voeren en ernaar streven wanorde in het land te scheppen, is slechts dat zij gedood of gekruisigd worden, of dat hun handen en hun voeten de ene rechts en de andere links, worden afgesneden, of dat zij het land worden uitgezet. Dat zal voor hen een schande in deze wereld zijn en in het Hiernamaals zullen zij een grote straf ontvangen.

9-5. Wanneer de heilige maanden voorbij zijn, doodt dan de afgodendienaren waar gij hen ook vindt en grijpt hen en belegert hen en loert op hen uit elke hinderlaag. Maar als zij berouw hebben en het gebed houden en de Zakaat betalen, laat hun weg dan vrij. Voorzeker, Allah is Vergevensgezind, Genadevol.

Ik kan me niet voorstellen dat er überhaupt een God bestaat die oproept tot het elimineren van niet-gelovigen. Zouden daarom de Koranteksten niet deels van de profeet Mohammed zelf, of van derden afkomstig kunnen zijn?

En hoe heeft de aartsengel Gabriël zich de facto geopenbaard?

Is hij, al dan niet in fysieke vorm, voor het aangezicht van de profeet Mohammed verschenen, of enkel in de '*mind*' van Mohammed?

In dat laatste geval is de scheidslijn tussen fantasie en werkelijkheid al niet meer zo scherp te trekken.

Mohammed kon niet lezen en ook niet schrijven. De aartsengel Gabriël heeft hem de Koranverzen ingefluisterd over een periode van zo'n 23 jaar. Mohammed heeft deze teksten onthouden en vervolgens door derden op schrift laten stellen.

Verder duurde het nog twintig jaar na de dood van de Profeet (632 na Chr.) totdat de Koran volledig op schrift was gesteld.

Zou het kunnen dat de informatieoverdracht in die mondelinge/schriftelijke overleveringsketting van tientallen jaren niet altijd correct is verlopen?

Wanneer men, puur hypothetisch, de geschiedenis van het christendom en de islam een-op-een op elkaar legt, dan bevindt de islam zich momenteel in de late middeleeuwen. Dat verklaart misschien waarom zoveel moslims zich letterlijk aan de teksten van de Koran houden, net zoals dat destijds in die fase van het christendom ook het geval was. Als we de vergelijking verder doortrekken, dan zou de Verlichting in de islam aanstaande kunnen zijn. Maar nogmaals, dit is een puur hypothetische gedachte, want er is geen enkele reden om aan te nemen dat de geschiedenis van beide religies per se parallel zou moeten verlopen.

Wat de Koranvastheid van moslims mogelijk zou kunnen verklaren, is het feit dat het paradijs (Al-Djannah, 'de tuin') voor moslims een bron van motivatie is, iets waar men naar uitkijkt en wat men begeert. De Profeet vertelt dat degenen die in het paradijs terechtkomen, de kans zullen krijgen om God (Allah) te zien. Ook vertelt de Profeet dat de gelovigen in het paradijs bij degenen zullen zijn die zij liefhebben.

Het paradijs wordt veelvuldig en in groot detail besproken in de Koran:

“... In het Paradijs bevinden zich kolossale luxueuze verblijfplaatsen en paleizen gemaakt van parels. De bodem van het paradijs is spierwit van pure muskus en saffraan en het zand aldaar is van parels en saffier. De muren zijn gemaakt van gouden en zilveren bakstenen en daartussen heel lekker geurend muskus. Wie erin woont geniet en kent geen verdriet, leeft en zal nooit sterven. En in het Paradijs stromen rivieren van water dat niet van smaak of geur verandert en rivieren van melk en rivieren van wijn die niet bedwelmt en verrukkelijk is om te drinken en rivieren van pure honing.

Het eten in het Paradijs is van de heerlijkste vruchten waar we geen voorstelling van kunnen maken...”.

Maar ... het paradijs is alleen dan bereikbaar indien men zich strikt aan de leefregels van de Koran houdt. Zo niet, dan wacht onherroepelijk eeuwige verdoemenis in het hellevuur.

Het jodendom

Het jodendom kent geen bindende geloofsleer waar iedere jood het over eens is. Wat de joden evenwel bindt, is hun geschiedenis, gedragsregels en tradities.

Volgens de joden sloot God (Jaweh) een verbond met Abraham, waarbij Hij hem beloofde dat hij de stamhouder zou worden van veel volkeren en dat zijn nakomelingen het land van Kanaän in hun bezit zouden krijgen.

Voor de joden is Mozes de belangrijkste profeet. God (Jaweh) heeft Mozes uitverkoren om het joodse volk te bevrijden uit de greep van de Egyptenaren, en hij zal hen leiden naar het beloofde land Israëel. Mozes beklom de berg Sinai, God legde hem de Thora uit en overhandigde hem de twee tafelen met de tien geboden. Volgens het joodse geloof schreef Mozes de Thora, de eerste vijf boeken van de Hebreeuwse bijbel, zelf.

De belangrijkste verschillen met het christendom zijn de volgende:

- » De joden erkennen de Drievuldigheid (Vader, Zoon en de Heilige Geest) niet. Volgens de joden is er slechts één God (Jaweh).
- » Jezus wordt beschouwd als een valse profeet en/of messias. Daarom erkennen joden ook het Nieuwe Testament niet.
- » Beelden van heiligen en engelen worden door de joden beschouwd als afgoderij.
- » De joden verwachten dat hun messias nog moet komen.

Net zomin als bij het christendom en de islam kan ik een zinnig woord zeggen over de statische betrouwbaarheid van de mondelinge/schriftelijke overleveringsketting, die in het geval van de joden zich uitstrekte over een periode van circa drie- tot vierduizend jaar.

Het scheppingsverhaal van de joden, de christenen en de moslims loopt nagenoeg parallel. Dit betekent dat eventuele discrepanties tussen het Bijbelse scheppingsverhaal en de versie volgens de fysica zowel op christenen, joden als moslims van toepassing is.

Hoofdstuk 3: Kritik der Philosophie

Filosofie is de wetenschap die zich bezighoudt met het stellen van vragen. Vragen waarop in de gewone mensenwereld geen antwoord mogelijk is, maar waarop de filosoof zelf wel een antwoord tracht te geven. Vervolgens gaat hij twijfelen aan zijn antwoord en hij, of een andere filosoof, formuleert een nog diepzinniger antwoord. Ook aan dit antwoord wordt weer getwijfeld, enzovoort, enzovoort, en zo blijft de carrousel der filosofie ronddraaien.

In die zin is filosofie een heerlijke wetenschap. Je kunt de meest onzinnige dingen beweren en je wordt nauwelijks teruggefloten. Ik krijg hierin zelfs bijval van de filosoof Ludwig Wittgenstein (1889-1951), niet de eerste de beste: “De meeste filosofische vragen zijn niet onwaar maar onzinnig. Wij kunnen daarom geen antwoord geven op dit soort vragen, we kunnen slechts vaststellen dat ze onzinnig zijn” (Tractatus Logico Philosophicus 4.003).

Waar filosofie en fysica elkaar raken, is in de fase van het stellen van hypothesen. Deze hypothesen kunnen de meest vreemde vormen aannemen en soms leiden ze tot verrassend nieuwe denkbeelden.

Alleen, onzinnige hypothesen worden in de fysica vrijwel onmiddellijk verworpen, waar ze in de filosofie in de boeken blijven staan, aangezien metafysische uitspraken niet getoetst kunnen worden. Neem bijvoorbeeld het lichaam-geest probleem. Enerzijds zijn er de monisten die beweren dat lichaam en geest niet los van elkaar kunnen bestaan, anderzijds zijn er de dualisten die beweren dat het lichaam en de geest twee separate entiteiten zijn. Er zijn zelfs filosofen, de zogeheten idealisten, die beweren dat het lichaam niet bestaat. Zij erkennen enkel het bestaan van de geest! Een filosoof mag dit een zinvolle gedachte vinden, voor de no-nonsense-mens is dit volstrekte onzin. Ik zou trouwens graag van de idealisten willen vernemen hoe zij de voortplanting van de mens voor zich zien zónder lichaam. Hoe dan ook, slechts één van voornoemde stromingen, óf het monisme óf het dualisme, kan waar zijn. Als we er ooit achter zullen komen welke van de twee de juiste is, volgt daar dan onmiddellijk uit dat de andere stroming onzinnig is gebleken.

Met andere woorden: filosofen kunnen gewoon onzinnige dingen blijven beweren zolang hun uitspraken maar niet getoetst kunnen worden.

Over onzin gesproken, in de tekst van mijn manuscript had ik doelbewust een onzin verstoep en de proeflezers een goede fles wijn beloofd indien ze die onzin zouden opsporen. Ik meen dat de proeflezers mijn manuscript daarom met extra aandacht hebben gelezen. Trouwens, die onzin staat er nog steeds in.

Voor alle duidelijkheid, persoonlijk heb geen enkel probleem met filosofie ‘*an sich*’, maar de filosofie heeft wellicht zelf moeite met de manier waarop sommige filosofen filosofie bedrijven. Laat me enkele voorbeelden noemen:

- » Filosofen definiëren hun begrippen en uitgangspunten vaak onvoldoende helder. Daardoor bouwen ze een filosofisch huis op drijfzand. Sterker nog, filosofen hanteren soms eigen definities van bepaalde begrippen. Wat bijvoorbeeld de ene filosoof ‘geest’ noemt, noemt de andere filosoof ‘ziel’ of omgekeerd. Ze zouden een voorbeeld kunnen nemen aan de wiskundigen, die begrippen en uitgangspunten in de vorm van axioma’s eenduidig en scherp formuleren.
- » Filosofen liggen regelmatig in de knoop met de regels van de logica.
Bijvoorbeeld: de *common-sense*-mens maakt ten aanzien van het bestaan van God een onderscheid tussen gelovigen en niet-gelovigen. In de filosofie kent men verder ook nog atheïsten en agnosten, en daarbinnen weer theïstische agnosten en atheïstische agnosten. Laten wij deze filosofische categorieën volgens de wetenschappelijke methode eens onder de loep nemen.

Om te bewijzen dat God bestaat, volstaat het om God daadwerkelijk één keer waar te nemen. Zoals we eerder zagen, heeft Mozes die gelegenheid gehad, alleen heeft hij geen enkel bewijs van deze ontmoeting meegebracht.

Bewijzen dat God níét bestaat is veel lastiger, want er kan altijd een uithoek van een of ander universum bestaan waar deze sympathieke weldoener zich schuilhoudt. Pas als men elke uithoek heeft uitgekamd en men geconstateerd heeft dat God echt nergens valt te bespeuren, pas dan kan men, volgens de wetenschappelijke methode, definitief concluderen dat God niet bestaat. Maar dat is uiteraard een schier onmogelijke opgave.

Conclusie: niemand, behalve misschien Mozes, kan tot op heden met zekerheid beweren dat God bestaat of niet bestaat! Atheïsten zijn knappe koppen, ze menen met zekerheid te weten dat God niet bestaat. Maar per saldo is het wetenschappelijk niet te toetsen dat God niet bestaat, ergo, atheïsme bestaat simpelweg niet. Daarom is het ook onzinnig om over een atheïstische agnost te spreken.

De bekendste atheïst is wellicht Friedrich Nietzsche (1844-1900) met zijn stelling "God is dood". Die uitspraak is op zijn minst merkwaardig, want iemand die beweert dat God dood is, gaat er kennelijk van uit dat God daarvoor geleefd moet hebben. Dit lijkt mij echter volledig in tegenspraak met de visie van Nietzsche. Alhoewel, je weet bij Nietzsche vaak niet of je zijn uitspraken al dan niet letterlijk moet nemen.

*De stelling dat God niet bestaat is
in feite net zo dogmatisch
als de stelling dat God wel bestaat.*

Een agnost is iemand die van mening is dat hij niet met zekerheid kan weten of God al dan niet bestaat. Maar níemand kan met zekerheid weten of God al dan niet bestaat. Ergo, iedereen is, wetenschappelijk gezien, een agnost. Wat resteert zijn daarom gelovige agnosten en niet-gelovige agnosten. De toevoeging 'agnosten' is in de vergelijking tussen beide categorieën echter overbodig. Wij zijn nu terug bij af. De *common-sense*-mens had het bij het rechte eind: atheïsten bestaan niet, wij zijn allen agnost en er zijn maar twee smaken: gelovigen en niet-gelovigen.

Dat de logica door filosofen veelvuldig foutief werd toegepast, is bijvoorbeeld gebleken uit de vruchteloze pogingen om het bestaan van God door middel van de logica te bewijzen, zoals

we gezien hebben in hoofdstuk 1. Wellicht heeft het verlangen naar een gewenste uitkomst of naar wetenschappelijke erkenning de zorgvuldigheid in de toepassing van de logicaregels in de weg gestaan.

- » Soms maakt een filosoof de fout dat hij met zijn beweringen te dicht bij het domein van de natuurwetenschappen komt. Zo stelde de Franse filosoof René Descartes dat het lichaam-geestverkeer plaats zou vinden via de pijnappelklier in de hersenen. Deze uitspraak is natuurlijk gemakkelijk te toetsen door bij een proefpersoon de pijnappelklier weg te nemen en waar te nemen wat het gevolg daarvan is. Maar zelfs dat is niet eens nodig, want het is met de medische kennis van nu gebleken dat als mensen ouder worden, de pijnappelklier verschrompelt of helemaal niet meer functioneert. Niettemin gaat bij deze mensen het lichaam-geestverkeer gewoon door. Hier valt Descartes dus door de mand.

Vooraf de Duitse filosofen, met name Kant, Hegel, Schopenhauer en Nietzsche, hadden er een handje van om onnodig complexe, wollige en ondoordringbare redeneringen te bezigen. Laat me de Categorische imperatief van de beroemdste Duitse filosoof, Immanuel Kant, als voorbeeld nemen.

De Categorische imperatief is de belangrijkste leefregel binnen de praktische ethiek van Kant. Om alle misverstanden te voorkomen volgt hier de originele tekst van de Categorische imperatief zoals Kant deze in het Duits heeft geformuleerd: *“Handle so, als ob die Maxime deiner Handlung durch deinen Willen zum allgemeinen Naturgesetze werden soll”*. Enigszins vrij vertaald luidt dit in het Nederlands: handel zodanig dat jij wilt dat de intentie (of het motief) van jouw handelen als algemene natuurwet zou moeten gelden.

Vervolgens is het de bedoeling dat je de desbetreffende intentie (*die Maxime*) als algemeen geldende wet formuleert en dan nagaat of je daarin een logische tegenspraak kunt ontdekken. Kun je er nog chocola van maken? De toepassing van bovenstaand algoritme is in de praktijk overigens bepaald niet eenduidig. Wat heerlijk simpel is dan de eeuwenoude gulden leefregel uit de Bijbel: “Behandel anderen zoals je door hen behandeld wilt worden”. Niet helemaal identiek aan de Categorische imperatief, maar iedereen begrijpt onmiddellijk wat hier bedoeld wordt. Maar niemand mag natuurlijk aan de grote Kant komen. Ik constateer evenwel dat zijn Categorische imperatief nergens kamerbreed in de praktijk is gebracht en alleen gekoesterd wordt in het kamp der filosofen.

Veel filosofen uit de tijd van de Verlichting beoefenden naast filosofie diverse andere takken van de wetenschap. Ik noem enkele voorbeelden:

- » Francis Bacon (1561-1626) was daarnaast staatsman, advocaat, jurist en pionier van de wetenschappelijke methode.
- » René Descartes (1596-1650) was ook wiskundige, bedenker van het cartesisch coördinatenstelsel, maar hield zich ook bezig met optica, ontdekte de brekingswet en ontwierp een machine om lenzen te slijpen.
- » John Locke (1632-1704) was ook econoom en arts.
- » Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) was eveneens wiskundige, bedenker van de differentiaal- en integraalrekening en van het binaire getallenstelsel, natuurkundige, historicus en rechtsgeleerde.

Ik wil niet suggereren dat filosofen multi-wetenschappers moeten worden, maar ik durf wel te stellen dat een grondige basiskennis van de fysica zal bijdragen tot een meer diepgaande kennis van de metafysica. Een veel besproken

onderwerp in de filosofie is bijvoorbeeld het concept 'materie'. Wanneer men het wezen van materie in alle essentie wil begrijpen, kan men niet om de kwantummechanica heen. Er zullen weinig filosofen zijn die zich expert op dit gebied kunnen noemen.

Dus filosofen, daalt af uit uw ivoren torens en maakt kennis met de wondere wereld van de fysica (de fysici komen echt niet jullie Kant op).



René Descartes (1596-1650)

De filosofie heeft niettemin in de loop van de geschiedenis bij tijd en wijle een grote impact gehad op het maatschappelijke leven.

De laatste serieuze omwenteling die de filosofie teweeg heeft gebracht is echter al weer van bijna vier eeuwen geleden.

Het was de Franse filosoof René Descartes die met zijn denkbeelden de Verlichting heeft

ontketend in de zeventiende eeuw. Hij kreeg in zijn disputen met de scholastici, de heersende kerkelijke intelligentsia uit die tijd, meer en meer een hekel aan het feit dat zij steeds God als verklaring in hun argumenten betrokken. Ergens in 1640 neemt Descartes op een avond in zijn huis in Leiden zijn ganzenveer ter hand en schrijft: "Ik ben hier helemaal alleen en eindelijk wil ik mij oprecht en zonder bedenking wijden aan de algemene vernietiging van mijn gedachten". Hij was in feite op zoek naar het fundament van het huis van de kennis. Met andere woorden: hij wilde weten wat hij zeker kon weten, datgene waarover geen enkele twijfel kon bestaan. Hij begon met twijfelen aan zijn eigen zintuigen. Uit het feit dat wij dromen en hallucineren trok Descartes de conclusie dat

onze zintuigen niet altijd betrouwbaar zijn. "Mijn perceptie is niet onfeilbaar, misschien ervaar ik niet altijd de echte, ware wereld". Als de authenticiteit van onze ervaring af en toe in twijfel kan worden getrokken, is dat voor Descartes voldoende om dit af te doen als absoluut onwaar. "Dat onze zintuigen ons soms kunnen misleiden zonder dat wij het weten, suggereert dat zij ons de hele tijd zouden kunnen misleiden. En als wij informatie die wij via onze zintuigen hebben verkregen niet kunnen vertrouwen, hoe kunnen wij dan het bestaan van een externe wereld bevestigen? Misschien bestaat er helemaal niets fysieks en is dit allemaal een illusie, een verzinzel, of zelfs de bezwering van een kwaadaardig genie (*malin génie*) die vastbesloten is om ons te misleiden over de ware aard van de realiteit". Zelfs de wiskunde waarmee hij zich intensief bezighield, kon hij niet vertrouwen want, dacht hij, "misschien laat God mij fouten maken en zijn mijn uitgangspunten verkeerd". Op een gegeven moment kon Descartes niets anders meer bedenken waar hij zekerheid aan kon ontleen: "... ik zie mij uiteindelijk gedwongen toe te geven dat er bij de dingen die ik ooit voor waar hield, niets is waar niet aan getwijfeld kan worden...". Hij had in feite al zijn gedachten weggeredeneerd als zijnde niet betrouwbaar.

De volgende dag beschreef hij zijn gemoedstoestand als volgt: "De twijfels die ik gezaaid heb als gevolg van mijn overpeinzingen van gisteren zijn zo serieus dat ik ze noch uit mijn gedachten kan zetten noch dat ik ze op enige manier kan oplossen. Het voelt alsof ik onverwacht in een diepe maalstroom ben gevallen die mij laat rondtollen zodat ik noch kan staan noch naar boven kan zwemmen". Descartes was de wanhoop nabij, want hij beseftte dat hij er niet in geslaagd was om het fundament van de kennis te vinden. Totdat hij het, in opperste staat van vertwijfeling, plotseling wist: '*Cogito, ergo sum*', hetgeen betekent 'Ik denk, dus ik ben'.

Maar, trok Descartes, in zijn gemoedstoestand van totale vertwijfeling, wel de juiste conclusie?

Descartes was die vorige avond tot het inzicht gekomen dat hij niet meer voor 100 procent zeker kon zijn omtrent de juistheid van *al* zijn gedachtes. Hij twijfelde namelijk aan alles. Het enige waar hij echter niet aan kon twijfelen was het feit *dát* hij twijfelde. Hier kon hij voor 100 procent zeker van zijn en daarom moest er ook een 'ik' zijn die twijfelde. Vandaar de valide stelling: 'Ik twijfel, dus ik ben' als logisch startpunt voor het fundament van de kennis.

'Ik twijfel, dus ik ben' was echter niet de eindconclusie van Descartes, maar 'Ik denk, dus ik ben'. Het kan niet anders, dan dat hij in deze gedachtesprong een relatie heeft moeten leggen tussen twijfelen en denken. Hij zou die kloof kunnen overbruggen door twijfelen gelijk te stellen met denken (dat het omgekeerde niet waar is, laten we hier buiten beschouwing). Dit is nu precies wat Descartes zelf beweerde in zijn postuum gepubliceerd essay *De Zoektocht naar de Waarheid door middel van Natuurlijk Licht* uit 1684: "... ik voel dat het noodzakelijk is om te weten wat twijfel is, wat gedachten zijn en wat bestaan is, voordat wij volledig overtuigd zijn van de redenering – Ik twijfel, dus ik ben – **of wat hetzelfde is** – Ik denk, dus ik ben –".

Dan ontstaat immers de volgende situatie:

- » De stelling 'Ik twijfel, dus ik ben' is waar.
- » Indien 'twijfelen is denken' waar is.
- » Dan moet 'Ik denk, dus ik ben' ook waar zijn.

Zoals hiervoor reeds geconstateerd, kon Descartes niet meer voor 100 procent zeker zijn omtrent de juistheid van iedere gedachte die in hem opkwam, dus ook niet omtrent de juistheid

van de gedachte 'twijfelen is denken'. Want misschien droomde hij dit allemaal of hallucineerde hij. En anders werd zijn geest wel vertroebeld door die gemene demon, die hem altijd op het verkeerde been trachtte te zetten. Hoe het ook zij, strikt genomen had Descartes de gedachte 'twijfelen is denken', hoe triviaal deze ook moge klinken, niet met 100 procent zekerheid voor waar mogen aanvaarden.

Vanuit de optiek van Descartes was het bruggetje 'twijfelen is denken' dus niet betrouwbaar en daarom had hij de vervolconclusie 'Ik denk dus ik ben' de facto niet mogen trekken. Descartes ging, in zijn gemoedstoestand van totale vertwijfeling, één brug te ver.

Maar in feite zou Descartes, volgens bovenstaande redenering, ieder bruggetje dat hij kon bedenken als zijnde niet betrouwbaar moeten afwijzen, zodat de stelling 'Ik twijfel, dus ik ben' oftewel '*Dubito, ergo sum*', als enig correct eindstation resteert.

*Descartes bouwde zijn huis van de kennis
op een ondeugdelijk fundament.*

Nog concreter lijkt mij de stelling 'Ik twijfel, dus ik besta' oftewel '*Dubito, ergo existo*', maar dat is slechts een subtiel onderscheid.

Vanuit de zekerheid dat de mens bestaat, beredeneert Descartes in zijn 'Meditaties' dat er dan ook een God moet bestaan, om vervolgens "vanuit de contemplatie van de ware God... tot de kennis van de werkelijkheid te geraken".

Maar ook de godsbewijzen van Descartes hielden geen stand, omdat zij a priori uitgingen van metafysische vooronderstellingen (zie onder andere hoofdstuk 1). Dit wettigt de volgende eindconclusie:

*De Verlichting werd niet gebouwd
op solide pijlers!*



Figuur 3. Voorbeeld van gezichtsbedrog: oude vrouw of jonge vrouw? Optische illusies onthullen hoe makkelijk onze hersenen bedrogen of misleid worden.

Hoofdstuk 4: De cruciale gebeurtenissen van het heelal

De geschiedenis van het heelal bestrijkt een periode van bijna 14 miljard jaar. Dat is een dusdanig astronomisch groot getal dat we ons daar nauwelijks iets bij voor kunnen stellen. Aangezien we het ontstaan, en vervolgens de evolutie van het heelal gaan bespreken, is het zinvol om die verschrikkelijk lange periode terug te brengen tot menselijke proporties. Dat kan uitstekend door middel van de zogeheten kosmische kalender.

Die werkt als volgt: de periode van circa 14 miljard jaar wordt geprojecteerd op één kalenderjaar. Op 1 januari om 00:00 uur, het begin van de kosmische kalender, vindt de *Big Bang* plaats. Het eind van de kosmische kalender, 31 december om 24:00 uur, is het tijdstip 'nu', *as we speak*.

De kosmische kalender is daarom een voortschrijdende kalender. Voorbeeld: de dinosaurus stierf 66 miljoen jaar geleden uit na de inslag van een planetoïde in Mexico. Op de kosmische kalender representeert dit een verrassend recente datum, namelijk 29 december. We noteren deze kosmische

datum als (29 december) ten einde deze datum niet te verwarren met een reële datum.

Op de kosmische kalender duurt een gemiddeld mensenleven minder dan één seconde!

Op 1 januari om 00:00 uur luidt de mens het nieuwe jaar in. Op onze kosmische kalender vindt op 1 januari om exact 00:00 uur de oerknal plaats. Ik zou ervoor willen pleiten om nieuwjaarsdag te benoemen tot oerknaldag, oftewel *Big Bang Day*. Om de start van het nieuwe jaar te vieren, wordt op veel plekken op aarde rond 00:00 uur een indrukwekkend vuurwerk ontstoken. Kan het toepasselijker? Dit is het moment om te gedenken dat de mens van sterrenstof is gemaakt en in het immense universum, gelijk een mier in de Sahara, helemaal niets voorstelt. Het lijkt mij niet verkeerd om het nieuwe jaar te beginnen met een overpeinzing in nederigheid.

De oerknal (1 januari 00:00 uur)

In den beginne was er de oerknal. Deze vond 13,8 miljard jaar geleden plaats, in een oneindig kleine ruimte met een oneindig grote massadichtheid, de oerknalsingulariteit. Tijdens de eerste nano-nano- -nano-nano-seconde van de oerknal liep de temperatuur op tot gigantische waarden en begon het heelal exponentieel uit te dijen tot astronomische afmetingen. Vlak na deze inflationaire uitbarsting werd de uitdijning van de ruimte weer vertraagd door de aantrekkende zwaartekracht.

Het is nu bekend dat de lichte elementen, met name waterstof, helium en lithium, zijn gevormd in de eerste 300 seconden na de oerknal. Pas 300.000 jaar later (1 januari om ongeveer 12:00 uur) was het heelal zodanig afgekoeld dat de elektronen, die tot dan toe vrij hadden rondgezworven, zich aan de protonen en

neutronen gingen binden. Aldus ontstonden de eerste atomen en moleculen. De zwaardere elementen zoals koolstof, zuurstof en ijzer werden pas 200 miljoen jaar later (5 januari) gevormd door kernfusies in het binnenste van sterren. Vandaar dat de mens niet uit oerknalstof, maar uit sterrenstof bestaat.



Figuur 4. De oerknal.

Vervolgens ontstonden door concentraties van waterstof- en heliummoleculen op verschillende plekken in het heelal gaswolken. Sterren, zoals de zon, zijn ontstaan uit deze gaswolken. Het duurde een paar honderdduizend jaar voordat deze gaswolken onder hun eigen zwaartekracht implodeerden, waardoor de temperatuur zodanig opliep dat er uiteindelijk een kernfusieproces in gang werd gezet. Waterstof wordt omgezet in helium en de resulterende energie wordt uitgestraald in de vorm van warmte en licht. Zo is onze zon circa 4,6 miljard jaar geleden (1 september) gevormd uit een wolk van roterend gas.

Planeten, zoals de aarde, ontstaan in het algemeen in platte, draaiende stof- en gasschijven rondom jonge sterren. In zo'n schijf gaat materie aan elkaar plakken. De zo ontstane klont zal, naarmate deze groter wordt, steeds meer materie aan zich binden. Zo is onze aarde circa 4,6 miljard jaar geleden (1 september) ontstaan, tegelijk met het zonnestelsel. Een uitzondering op het wordingsproces van planeten is de maan, de enige planeet die om de aarde draait. De maan is waarschijnlijk ontstaan toen de aarde botste met een kleine planeet ter grootte van Mars, ten tijde van het ontstaan van ons zonnestelsel. Uit de brokstukken die daardoor vrijkwamen is de maan vervolgens samengeklonterd. Dat gebeurde circa 4,5 miljard jaar geleden (3 september).

De ontwikkeling van de theorie van de oerknal was mogelijk dankzij de relativiteitstheorie van Einstein en de inzichten van de kwantummechanica. Al in 1948 is door fysici voorspeld dat er nog altijd straling uit de heetste fase van het heelal aanwezig zou moeten zijn. Deze zogeheten kosmische achtergrondstraling is in 1965 inderdaad gemeten in een experiment uitgevoerd door de Amerikanen Penzias en Wilson. Het is curieus dat in de eerste jaren van de televisie iedereen de kosmische achtergrondstraling op zijn eigen analoge beeldbuis toestel heeft kunnen aanschouwen. Zodra Hilversum de verbinding aan het eind van de avond verbrak, verscheen er een vibrerend grijs beeld met ruis op de buis. Voor een klein deel werd die 'sneeuw' veroorzaakt door straling afkomstig uit de allerheetste fase van de *Big Bang*. Als er niets op de televisie was, kon je dus nog altijd naar het ontstaan van het heelal kijken.

In de theorie van de kosmos kom je regelmatig de voorvoegsels 'zwart' of 'donker' tegen, bijvoorbeeld in 'zwarte gaten', 'donkere materie' en 'donkere energie'. Deze voorvoegsels gebruiken

fysici om aan te duiden dat (nog) niet alle natuurkundige geheimen van het desbetreffende fenomeen ontrafeld zijn. Fysici weten dat er méér massa in het heelal aanwezig moet zijn om de sterrenstelsels bij elkaar te houden dan wij kunnen waarnemen, maar tot op heden heeft men deze ‘donkere materie’ nog niet met ruimtetelescopen in het vizier gekregen. Anderzijds weten fysici dat de uitdijende kracht van het heelal ergens vandaan moet komen en dat noemt men vooralsnog ‘donkere energie’.

Men schat nu in dat het heelal voor 68 procent bestaat uit ‘donkere energie’, voor 27 procent uit ‘donkere materie’ en slechts voor 5 procent uit zichtbare materie (sterren en planeten). Van de zichtbare materie is 99,99999999999999 procent lege ruimte, dat wil zeggen: de ruimte tussen de kern van het atoom en de elektronenbanen. Wanneer de kern van een atoom de grootte zou hebben van een sinaasappel, dan bevinden zich de elektronen op een afstand van gemiddeld 500 meter. De fysicus Tony Padilla van de Universiteit Nottingham heeft berekend dat het waarneembare heelal c.a. $3,28 \times 10^{80}$ elementaire deeltjes (quarks en elektronen) bevat. Om dit in perspectief te plaatsen:

*Het heelal bevat gemiddeld één
elementair deeltje per kubieke meter!*

De rest van die kubieke meter is dus lege ruimte. Maar de zogenaamde lege ruimte is nooit echt leeg. Door kwantumfluctuaties kunnen er voortdurend paren van deeltjes en anti-deeltjes ontstaan. Als ze met elkaar in botsing komen, heffen ze elkaar op (annihilatie) en komt er energie vrij volgens $E=mc^2$.

Wanneer het ooit zover komt dat de Algemene Relativiteitstheorie en de kwantummechanica geïntegreerd worden in één theorie, dan zullen bovengenoemde 'zwarte' en 'donkere' mysteries' wellicht ontrafeld worden. Overigens is de term *Big Bang* rond 1950 bedacht door een van de tegenstanders van deze theorie, de Britse astronoom Fred Hoyle. Hij ging ervan uit dat het heelal een statisch geheel was zonder begin, de zogenaamde '*steady state theory*'. Sindsdien is de term *Big Bang* als een geuzennaam aan de oerknal blijven kleven.

Ontstaan en ontwikkeling van het leven

De eerste anderhalf miljard jaar van het bestaan van de aarde was de temperatuur dermate hoog dat er geen ontwikkeling van leven mogelijk was. Na verloop van tijd was de aarde zodanig afgekoeld dat de waterdamp uit de dampkring condenseerde en begon het miljoenen jaren achter elkaar te regenen. Hieruit ontstonden de oceanen die vrijwel het gehele aardoppervlak bedekten. Het aardoppervlak werd voortdurend geteisterd door aardbevingen, vulkaanuitbarstingen, inslagen van astroïdes en kometen, en ook door ultraviolette straling van de zon.

In deze barre omstandigheden zijn de eerste primitieve cellen ontstaan uit organische chemicaliën die rondzweefden in de warme 'oersoep' der oceanen, circa 4 miljard jaar geleden (14 september). Aanvankelijk waren dit uitsluitend bacteriën, die gedurende 2 miljard jaar nauwelijks muteerden, maar door middel van fotosynthese de atmosfeer voorzagen van zuurstof. Charles Darwin was de eerste die aannam dat deze eencelligen de oorsprong waren van alle leven op aarde, de zogenaamde '*Last Universal Common Ancestor*' (LUCA). Het allereerste bewijs voor leven op aarde komt van ongeveer 3,5 miljard jaar (30 september) oude fossielen van oeroude bacteriën.

In eerste instantie werden uit anorganische stoffen organische moleculen gevormd zoals aminozuren. Een dergelijk proces is in 1953 experimenteel bevestigd door de Amerikanen Stanley Miller en Harold Urey, die aantoonde dat er in omstandigheden die de oersoep benaderden, spontaan complexe aminozuren – de bouwstoffen voor eiwitten – kunnen ontstaan. We zijn hier aanbeland in de fase waarin een evolutionair proces plaatsvond, waarbij een primitieve vorm van leven ontstond uit organische verbindingen. Dit fenomeen, abiogenese genaamd, is inmiddels algemeen wetenschappelijk geaccepteerd, alhoewel nog niet alle details bekend zijn.

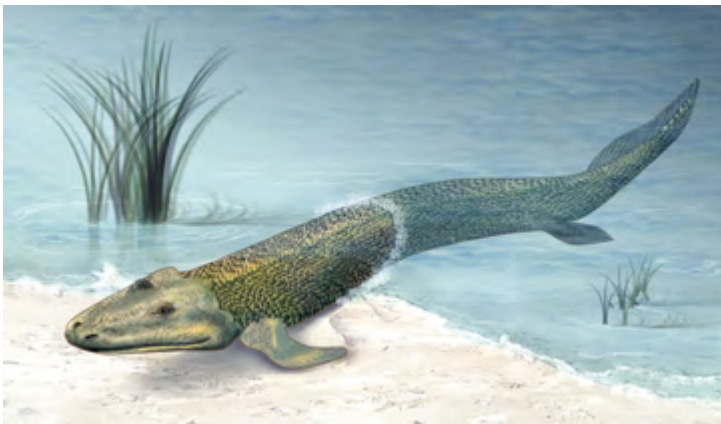
Aanvankelijk dacht men dat de eerste zich reproducerende moleculen gebaseerd waren op RNA (een primitieve vorm van DNA) en dat het DNA-molecuul later hieruit voortgekomen zou zijn. Maar scheikundigen, verbonden aan het Scripps Research Institute in San Diego Californië, hebben in 2020 ontdekt dat DNA en RNA tegelijkertijd ontstaan zijn en dat de eerste zichzelf reproducerende moleculen – de eerste vorm van leven op aarde – een mengvorm waren van die twee.

Ongeveer 2 miljard jaar geleden (8 november) ontwikkelden de eerste eenvoudige cellen zich tot meer complexe cellen, eukaryoten genaamd. Eukaryoten hebben een kern waarin de erfelijke informatie is opgeslagen, en zogenaamde organellen. Dit zijn de 'mini-organen' van de cel, vaak omgeven door een membraan, die een bepaalde functie hebben, bijvoorbeeld energievoorziening, afbraak van afvalstoffen of stofwisseling van eiwitten.

Uit eukaryoten ontwikkelden zich een drietal levende organismen:

- » schimmels zoals paddenstoelen en korstmossen (6 december),
- » planten (19 december) en daarna bomen (21 december),
- » de eerste primitieve dieren zoals sponzen, geleedpotigen en kwallen (16 december).

De eerste vissen ontstonden rond 500 miljoen (18 december) jaar geleden en bleven zich tot 360 miljoen jaar geleden (21 december) in het water evolueren. Uit de vinnen van de vissen ontwikkelden zich een soort pootjes, waarmee ze over de zeebodem konden kruipen, en kort daarna kropen ze als amfibieën het land op.



Figuur 5. De vissen gaan voor het eerst aan land.

Deze amfibieën transformeerden zich vervolgens tot reptielen. Het oudste zoogdier dat zich zo'n 250 miljoen jaar geleden (24 december) uit reptielen ontwikkelde is het vogelbekdier. Ergens tussen 6 en 4 miljoen jaar geleden (29/30 december) ontstond een apensoort, de *homo hominini* (mensachtigen), die als voorouder beschouwd kan worden van de mens. De orang-

oetans, de gorilla's en de chimpansees hadden zich inmiddels al afgescheiden.

Het is een wijdverbreid misverstand dat de mens van de chimpansee zou afstammen. Wel staat de mens qua genenstructuur het dichtst bij de chimpansee. DNA-onderzoek van de Universiteit van Washington heeft aangetoond hoeveel de mens van de chimpansee verschilt: *“While there has only been a 1 percent change in the shared genes of chimps and humans in 6 million years, each species has also either added or dropped 1,5 percent of their genes”*. Dit betekent dat mensen en chimpansees momenteel voor 96 procent genetisch gelijk zijn!



Figuur 6. Tekening uit het boek *Evidence as to Man's Place in Nature* van de Engelse bioloog Thomas Henry Huxley (1825-1895) waarin hij de verwantschap tussen apen en de mens wil aantonen. Als fervent aanhanger van de evolutietheorie kreeg hij de bijnaam *Darwin's Bulldog*.

De *homo sapiens* (de denkende mens) zou zo'n 200.000 jaar geleden (31 december om 22:44 uur) in Afrika zijn verschenen. Recente opgravingen hebben evenwel aangetoond dat de *homo sapiens* al veel eerder geleefd moet hebben. Onderzoekers van het Max Planck Instituut voor Evolutionaire Antropologie uit Leipzig hebben in Marrakesh (Marokko) fossiele resten van

schedels gevonden die zo'n 280.000 tot 350.000 jaar oud zouden zijn.

Vanuit Afrika verspreidde de *homo sapiens* zich over de rest van de wereld. In Europa kwam hij de Neanderthalers tegen, maar deze soort is later echter uitgestorven. *The rest is history.*

Hoofdstuk 5: Het Heelal van het Toeval

Wat gebeurde er vóór de *Big Bang*?

Dit is net zo'n interessante als onzinnige vraag. Op het moment van de *Big Bang* was het heelal geconcentreerd in een oneindig klein volume met een oneindig grote massa, de oerknalsingulariteit. Van zwarte gaten is bekend dat zelfs het licht, dat geen massa heeft, als het ware naar binnen gezogen wordt. De tijd staat stil in een zwart gat (als je dit fenomeen wilt snappen, neem dan de Algemene Relativiteitstheorie door in Appendix 3).

Je kunt je dit als volgt voorstellen. Als je met een klok in de richting van een zwart gat beweegt, gaat deze klok steeds langzamer lopen, tot deze in het zwarte gat tot stilstand komt. De tijd stopt!!! Je kunt derhalve niet spreken over de tijd vóór de *Big Bang*, omdat die eenvoudigweg niet bestond. Net zomin als je kunt spreken over een temperatuur lager dan nul graden Kelvin (minus 273 graden Celsius), omdat bij nul graden Kelvin alle atomen stilstaan. Dus lager dan het absolute nulpunt bestaat gewoonweg niet. Aangezien er geen tijd bestond vóór de *Big Bang*, betekent dit dat er ook geen God heeft kunnen bestaan die het heelal heeft kunnen creëren.

In Hoofdstuk 4 hebben we gezien dat:

- » de eerste eencelligen spontaan ontstaan zijn,
- » de eerste meercelligen zijn ontstaan door celdeling op basis van RNA en DNA,
- » de eerste levende organismen door evolutie ontstaan zijn uit meercelligen,
- » de dieren door evolutie ontstaan zijn uit de eerste levende organismen,
- » de mens geëvolueerd is uit de apen.

Deze keten is volledig verklaarbaar vanuit de evolutietheorie van Charles Darwin (zie Appendix 2).

De discrepantie tussen de Bijbel en de versie volgens de natuurwetenschap aangaande de schepping van de mens begint nu toch wel extreme vormen aan te nemen. Volgens de Bijbel schiep God de mens op de zesde dag. Volgens de fysica duurde het in eerste instantie bijna 10 miljard jaar voordat de condities op aarde überhaupt geschikt waren voor het ontstaan van leven. Pas toen konden zich de eerste primitieve levensvormen ontwikkelen door middel van abiogenese, maar niet door Zijn hand. Vervolgens was er een complexe evolutieketen van ongeveer 4 miljard jaar nodig om eencellige organismen te converteren naar *homo sapiens*. Al die tijd schitterde God door afwezigheid.

Pas toen alles er al was, kwam God een paar stenen tafels brengen om de geëvolueerde aap te instrueren hoe hij zich moest gedragen.

We zijn in de evolutie van het heelal en de mens onderweg geen discontinuïteiten tegengekomen, waarbij mogelijk ingrijpen van God verondersteld zou kunnen worden.

De ontstaansgeschiedenis van zowel het heelal als de mens is volledig verklaarbaar vanuit de natuurwetenschap. Resumerend kunnen we stellen dat God níét heeft ingegrepen bij alle cruciale gebeurtenissen in het universum, want al deze gebeurtenissen hebben zich zonder invloed van buitenaf voltrokken. Vandaar dat ik kom tot de volgende stelling:

Stelling 1: Het heelal is ontstaan door louter toeval en God heeft daarbij geen rol gespeeld.

Je zou je kunnen afvragen of God op tijdstip nul, toen de tijd begon te tikken, de *Big Bang* in gang heeft gezet. Stephen Hawking (1942-2018) zegt dat, wanneer je op subatomair niveau naar materie gaat kijken “... je in een wereld komt waar iets oproepen uit niets wel degelijk mogelijk is. Althans, heel even. Dat komt doordat op deze schaal deeltjes, zoals protonen, zich gedragen volgens de natuurwetten die we de kwantummechanica noemen. En ze kunnen echt willekeurig ontstaan, een tijdje rondhangen en dan weer verdwijnen, om ergens anders weer te verschijnen. Aangezien we weten dat het heelal zelf ooit heel erg klein is geweest, kleiner dan een proton, betekent dit iets opmerkelijks. Het betekent namelijk dat het heelal zelf, in al zijn verbijsterende uitgestrektheid en complexiteit, met een knal ontstaan kan zijn zonder de natuurwetten te overtreden”.

Hawking verwijst hier naar ‘kwantumfluctuaties’ van energie in de lege ruimte die de *Big Bang* hebben getriggerd. We moeten hier helaas een reuzensprong maken van de gewone mensenwereld naar de wereld van de kwantummechanica. Dit is een algemeen aanvaarde theorie onder fysici, over het gedrag van de allerkleinste deeltjes, deeltjes die kleiner zijn dan atomen en zelfs kleiner dan protonen of neutronen. Albert

Einstein stond in 1905 aan de wieg van de kwantummechanica door het idee te lanceren dat licht zich voortplant als ondeelbare pakketjes (quanta) energie, later aangeduid als 'fotonen'.

De kwantummechanica is razend ingewikkeld en gaat volledig tegen de menselijke intuïtie in. Niettemin heb ik in Appendix 4 getracht om tenminste een tipje van de sluier van deze vreemde, maar valide theorie op te lichten.

Niemand heeft derhalve het tijdstip van de *Big Bang* bepaald, oftewel, enigszins plastisch uitgedrukt:

Stelling 2: Niemand heeft op de knop van de *Big Bang* gedrukt.

Stephen Hawking en de Belgische fysicus Thomas Hertog (1975-heden) kwamen, na onderzoek van twintig jaar, tot het revolutionaire inzicht dat de oerknal niet alleen het begin is van materie en energie, van ruimte en tijd, maar dat de natuurwetten zelf ook evolueren met het universum dat ontstaat. Deze hypothese is evenwel nog niet algemeen aanvaard.

Het spreekt vanzelf dat wanneer één van beide stellingen, of allebei de stellingen, niet waar mochten zijn, alle gevolgtrekkingen hieruit ook niet waar zijn. Dan wordt wat nog volgt slechts een denkbeeldig verhaal. *Tant pis*, beschouw dit boekje dan maar als *science fiction* ... of niet natuurlijk.

Het sprookje van Adam en Eva is allang ontmaskerd, maar nu moeten degenen die beweren dat we het scheppingsverhaal uit de Bijbel symbolisch moeten opvatten, er ook aan geloven. Op basis van de stellingen 1 en 2 mag geconcludeerd worden dat God geen enkele bemoeienis heeft gehad met het ontstaan

en de ontwikkeling van het heelal en de mens. Het hele scheppingsverhaal uit de Bijbel kan daarom op de schop.

*Het boek Genesis kan uit de Bijbel
geschrapt worden!*

Dit is niet niks want de Thora, waar het boek Genesis deel van uitmaakt, wordt door de joden beschouwd als het belangrijkste boek van de Hebreeuwse Bijbel. Bovendien heeft Mozes, de belangrijkste profeet van de joden, naar verluidt het boek Genesis zelf geschreven (alhoewel er onder theologen discussies gaande zijn over de vraag of Mozes de Thora helemaal alleen schreef).

De bijbel wordt dus een stuk dunner (gezien de snelheid waarmee ik door de kosmische kalender geraasd ben was lengtecontractie, volgens Einstein, onvermijdelijk).

De invloedssfeer van God op de mens wordt hierdoor meer en meer ingeperkt en langzaam wordt er steeds meer speelruimte van God afgesnoept.

Hoofdstuk 6: De hemelvaart van de geest

Laten wij, als intermezzo, een gedachte-experiment uitvoeren wat er – met inachtneming van de heersende natuurwetten – met de gelovige dienaar Gods gebeurt wanneer hij zijn laatste adem uitblaast.

Het moge duidelijk zijn dat alle objecten die na de oerknal gevormd zijn, zoals sterren en planeten, onderworpen zijn aan de natuurwetten van ons heelal. Datzelfde geldt voor de mens in zijn totaliteit, dat wil zeggen, zowel voor zijn lichaam als voor zijn geest. Laat dit goed tot je doordringen:

*De mens bestaat voor 100%
uit sterrenstof!*

Iedereen zal het ermee eens zijn dat het lichaam, dat na de dood wordt begraven, langzaam vergaat. In de laatste decennia kan dit proces versneld worden door het in een crematorium te verbranden, maar het resultaat blijft hetzelfde. Het lichaam is het makkelijke deel.

Nu de geest.

In de meeste religies gaat men ervan uit dat de geest na de dood naar het hiernamaals vertrekt. Maar wat is de geest, en waar is het hiernamaals?

Laten we hier vooral niet in discussie treden over het verschil tussen de geest, de ziel, de persoonlijkheid en het bewustzijn of anderszins, maar laten we het niet-stoffelijk deel van de mens dat gaat hemelen in het vervolg aanduiden met [de geest].

De andere vraag luidt: waar is het hiernamaals?

Het is niet aannemelijk dat het hiernamaals zich binnen ons heelal zou bevinden. Want zoals wij verderop zullen zien, komt er een keer een einde aan ons heelal, hetgeen niet strookt met de gedachte aan een eeuwige God in een eeuwig Godshuis. Laten wij daarom aannemen dat het hiernamaals zich ergens buiten ons heelal bevindt in een parallel-universum, waar wellicht heel andere natuurwetten gelden.

De reis van [de geest] naar het hiernamaals.

Het moge duidelijk zijn dat, waar het hiernamaals zich ook bevindt, [de geest] eerst ons heelal moet zien te verlaten. Eerder hebben we geconcludeerd dat ook [de geest] onderworpen is aan de natuurwetten van ons heelal. Dit betekent dat [de geest], aangezien hij geen massa heeft, met maximaal de lichtsnelheid (300.000 km/seconde) naar het hiernamaals kan reizen. Hoe de geest überhaupt aan deze snelheid kan komen laten we gemakshalve even in het midden. Onderweg duiken allerlei gevaren op. Ik weet niet of God zelf uit een zwart gat zou kunnen ontsnappen (Hij komt immers uit een ander universum met andere natuurwetten), maar [de geest] kan dat zeker niet.

Wordt [de geest] eenmaal in een van de miljarden zwarte gaten bezogen, dan zal hij het hiernamaals *never* nooit meer kunnen bereiken. Daar helpt geen hemeltjef aan, want hij wordt binnenin een zwart gat onomkeerbaar uitgerekt of verpletterd. Verder vermoed ik dat [de geest] beter niet te dicht in de buurt van de verzengende hitte van de sterren (3.000-30.000 graden Kelvin) kan komen (in de hel schijnt het ook niet aangenaam te zijn). Ook moet [de geest] botsingen zien te vermijden met planeten en planetoïdes in de 2.000 miljard sterrenstelsels die zich binnen ons heelal bevinden. De geest moet daarom over een uitstekend *Universal Positioning System* beschikken en dat bestaat bij mijn weten niet. De afstand van de aarde tot de waarneembare rand van ons heelal bedraagt circa 46,5 miljard lichtjaar, dus [de geest] doet er 46,5 miljard jaar over om de rand van het heelal te bereiken. Van hieruit zal [de geest] zijn reis met bestemming 'hiernamaals' moeten vervolgen. Mocht men overigens uitgaan van de theorie dat de ruimte zelf gekromd is, dan bereikt [de geest] niet eens de grens van het heelal, maar keert zelfs terug op de plek van waaruit hij vertrok. Hier stopt onze verbeelding, want buiten ons universum gelden wellicht andere natuurwetten. Het moge duidelijk zijn dat als [de geest] al kansloos is om het hiernamaals te bereiken, het inerte lichaam van de mens dat al helemaal is (volgens de islam gaat ook het lichaam naar het paradijs). Aangezien zowel [de geest] als het lichaam onderworpen zijn aan de natuurwetten van ons heelal, lijkt de volgende conclusie gerechtvaardigd:

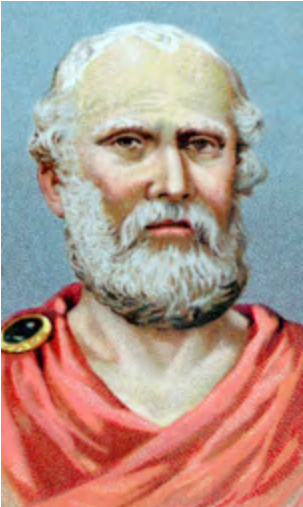
*[De geest] van de overledene, laat staan
zijn lichaam, zal het hiernamaals nooit
kunnen bereiken.*

Dit gedachte-experiment klinkt ridicuul, maar het is niet mijn bedoeling om te ridiculiseren. Het is louter een logische afgeleide op basis van de geformuleerde stellingen.

Een denkbeeldige oplossing zou kunnen zijn dat de stervende mens een signaal naar het hiernamaals stuurt met de boodschap: *beam me up, God*.

Hoofdstuk 7: Lichaam-Geest probleem

In het vorige hoofdstuk gingen we er impliciet van uit dat [de geest] zich na de dood losmaakt van het lichaam en naar het hiernamaals opstijgt, maar is dat wel zo? Zolang de filosofie bestaat is het lichaam-geest probleem een terugkerend thema geweest. In principe bestaan er in de filosofie twee tegengestelde stromingen: het monisme en het dualisme. De opvatting van de monisten is dat het lichaam en de geest één ondeelbare entiteit is, terwijl de dualisten van mening zijn dat het lichaam en de geest twee separate substanties zijn. Tussen deze twee uitersten bestaan vele tussenvormen. Het hele spectrum aan varianten wordt benoemd en één van deze varianten zal uiteindelijk wel de juiste zijn. Welke dat is, laten de filosofen graag aan de lezer over. Laten wij eerst maar eens bekijken hoe enkele filosofen over de lichaam-geest kwestie hebben nagedacht.



Plato (427-347 v. Chr.)

Plato zag materie, dus ook het menselijk lichaam, als vergankelijk en daarom als inferieur. De ziel van de mens beschouwde hij evenwel als eeuwig en superieur. De ziel zat volgens hem in feite gevangen in het lichaam en zou moeten worden bevrijd, zodat de ziel alleen dan tot zuivere waarheid zou kunnen komen. Plato was dus een dualist. Zijn stellingname werd enkele eeuwen later

overigens integraal overgenomen door de rooms-katholieke kerk.



Aristoteles (348-322 v. Chr.)

De ziel is bij Aristoteles, als onderdeel van het lichaam, ook sterfelijk. In dit opzicht zou de leer van Aristoteles botsen met het christendom, waar de ziel weliswaar verbonden is met het lichaam, maar onafhankelijk kan bestaan. Aristoteles was derhalve een monist.

In de rooms-katholieke kerk werd later ook nog een onderscheid gemaakt tussen de geest en de ziel. De geest staat voor intuïtie, geweten en godsbewustzijn terwijl de ziel staat voor voelen, willen en denken. De geest keert terug naar God, de ziel gaat naar het dodenrijk.



Thomas Hobbes (1588-1679)

Volgens Thomas Hobbes bestond er alleen één fysieke wereld, namelijk de wereld van de materie. Hij ontkende het bestaan van een niet-materiële werkelijkheid. Onstoffelijke substantie was volgens hem nonsens. Het bestaan van bewustzijn is een illusie. Hobbes was duidelijk een radicale monist.



René Descartes (1596-1650)

Descartes kreeg steeds meer een hekel aan het discussiëren met de scholastici omdat zij in hun redeneringen telkens God erbij betrokken.

Met '*Cogito, ergo sum*' begon Descartes het denken vanaf nul op te bouwen en nam hij afstand van de scholastiek van de middeleeuwen. Dit luidde het tijdperk van de Verlichting in,

waarbij de ratio de belangrijkste leidraad van het denken werd. Het blijft merkwaardig dat Descartes, de verlichte denker bij uitstek, geen afstand heeft genomen van het dualisme, dat een van de basiswaarden was van de scholastiek.



Duncan MacDougall (1866-1920)

De Amerikaanse arts Duncan MacDougall voerde het volgende medische experiment uit.

Hij woog patiënten onmiddellijk voor en na hun dood.

Hij constateerde dat zij na hun dood gemiddeld 21 gram minder wogen, en kwam tot de hilarische conclusie dat die 21 gram moest toebehoren aan de ziel die het lichaam had verlaten. Het hoeft

geen betoog dat dit experiment geen enkele wetenschappelijke waarde had.

Huidige stand van zaken

Sinds de tweede helft van de twintigste eeuw is het dualisme steeds meer naar de achtergrond verdrongen ten gunste van het monisme. Thans zijn er nog weinig filosofen die een variant van het dualisme verdedigen. De Bijbel zegt: stof zijt gij en tot stof zult gij wederkeren (Genesis 3,29). Een waarheid als een koe. Punt uit.

Nogmaals: de hemelvaart van [de geest]

In het vorige hoofdstuk over de hemelvaart van [de geest] was de conclusie dat [de geest], bestaande uit sterrenstof, in deze hoedanigheid de grenzen van het heelal, laat staan het hiernamaals, praktisch nooit zal kunnen bereiken.

Als we echter uitgaan van het monistisch standpunt dat met de dood zowel het lichaam als [de geest] afsterft, ontstaat er een probleem voor de gelovige die recht heeft op het hiernamaals. Hoe moet hij daar geraken nu [de geest] ook afsterft? Een suggestie, weliswaar imaginair, zou kunnen zijn dat God net op tijd een kopie trekt van [de geest] en wel

in de vorm van een substantie die past bij de natuurwetten van het hiernamaals. Deze geconverteerde geest zou dan instantaan, dwars door alle materie in het heelal heen, naar het hiernamaals kunnen opstijgen.

Maar er treedt een complicatie op, en wel de volgende:
Hoe moet het met de hemelvaart van de mensen die leiden aan een onomkeerbare hersenbeschadiging, zoals dementie? Gaan zij eeuwig dementeren in het hiernamaals?
Of hoe moet het met mensen met psychiatrische aandoeningen die in een permanente depressie verkeren? Blijven zij daar dan eeuwig in hangen?

Maar de meeste zorgen maak ik mij over Stephen Hawking. Zijn spraakcomputer staat nog steeds ergens in Cambridge. Het moet voor hem een vreselijke kwelling zijn als hij in het hiernamaals niet met God en Einstein kan communiceren. Maar laat ik stoppen met speculeren over het hiernamaals, want Gods wegen zijn ondoorgrondelijk ("en zelden aangenaam", zoals een van mijn protestantse vrienden er meestal aan toevoegt).

Hoofdstuk 8:

Antwoorden op de Grote Vragen

Wellicht is het mogelijk om, met het ‘Heelal van het Toeval’ in gedachten, iets meer te kunnen zeggen over de Grote Vragen die vanuit de filosofie in het verleden gesteld zijn. Het zou bijzonder interessant zijn, maar helaas slechts denkbeeldig, wanneer de filosofen uit het verleden zich met de kennis van nu over de kernvragen van de filosofie zouden kunnen buigen. Vooralsnog zul je het daarom hier met mij moeten doen. Laten we enkele van deze vragen de revue passeren.

Wat is de mens?

Verscheidene filosofen hebben in de loop van de tijd deze vraag beantwoord door met name het onderscheid met dieren te benoemen. De Griekse filosoof Aristoteles omschreef de mens als een *animal rationale*, ofwel een redelijk dier. De rede is dus het kenmerk dat de mens van de dieren onderscheidt. Volgens de cultuurfilosoof Max Scheler is het gevoel en de liefde het belangrijkste kenmerk van de mens. Volgens de atheïst Sartre is dat de vrijheid van de mens om zijn eigen lot te bepalen. Sigmund Freud gaat ervan uit dat de mens, als afstammeling van de dieren, in zijn onderbewustzijn nog steeds gedreven wordt door instinct en driften.

Met de kennis van nu zou je ook kunnen beweren: de mens is het meest intelligente wezen van alle levende organismen die zijn ontstaan op een plaats in het heelal waar de fysische omstandigheden (water, zuurstof, CO₂, temperatuur, etc.) dermate gunstig waren, dat ter plekke een spontane ontwikkeling van leven heeft plaats gevonden. Indien de kosmische parameters op aarde een fractie anders waren geweest dan ze nu zijn (het zogeheten *fine tuning*-argument), zou de mens simpelweg niet hebben bestaan, althans niet op deze aarde.

*De mens is een toevalstreffer
in de kosmos.*

Is de mens het enige wezen in het universum? Volgens het boek Genesis heeft God de mens centraal gesteld en hem zelfs geschapen naar zijn beeld en gelijkenis. Hij heeft er nooit van gerept dat Hij ook andere wezens heeft geschapen. Kosmisch gezien zou de mens dus voldoende *Lebensraum* moeten hebben binnen ons zonnestelsel, alleen dan zouden de sterren aan het firmament ontbreken. Laten we daarom zeggen dat ons Melkwegstelsel met 250 miljard sterren meer dan voldoende ruimte zou moeten bieden.

Maar waarom heeft God dan in hemelsnaam al die andere 2.000 miljard sterrenstelsels in ons universum geschapen?

De vraag rijst dan of er wellicht elders in het universum al dan niet intelligent leven mogelijk is. Het Pentagon heeft in november 2021 officieel aangekondigd dat het serieus onderzoek gaat doen naar buitenaards leven. Het Amerikaanse leger heeft een comité samengesteld om ufo's in het Amerikaanse militaire luchtruim op te sporen en te identificeren

Waar komen wij vandaan?

Het feit dat ons heelal ontstaan is uit de oerknal wordt tegenwoordig algemeen aanvaard. De meeste mensen zijn het er in het algemeen ook wel over eens dat de evolutietheorie van Darwin een plausibele verklaring is voor de ontwikkeling van het leven zoals besproken in hoofdstuk 4.

Met de kennis van nu kunnen wij het volgende vaststellen:

- » de oerknal is geïnitieerd zonder ingrijpen door een hogere macht,
- » alles in het heelal, dus ook het lichaam en [de geest] van de mens, zijn gemaakt van sterrenstof,
- » het leven op aarde is spontaan ontstaan uit ééncelligen,
- » deze ééncelligen hebben zich volgens de evolutietheorie van Charles Darwin via een lange weg ontwikkeld tot de *homo sapiens*.

*Niet God, maar de mens heeft zichzelf
geschapen, conform de evolutietheorie,
vanuit een bacterie.*

Wat is de plaats van de mens in de kosmos?

De Britse filosoof William Paley (1743-1805), tijdgenoot van Charles Darwin, vergeleek de kosmos met een mechanisch horloge. Net zomin als een horloge vanzelf kan ontstaan en er een horlogemaker aan te pas moet komen, zo concludeert Paley dat de kosmos ook een 'intelligente' ontwerper moet hebben gekend. De horlogemaker-analogie is de voorloper van de zogeheten *Intelligent Design*-beweging, die ervan uitgaat dat de complexiteit van de kosmos en het leven het best verklaard kunnen worden als het werk van een 'intelligente ontwerper' en niet vanuit de evolutietheorie.

Maar, met de kennis van nu is duidelijk dat de mens géén deel uitmaakt van een groter kosmisch plan, want voor een universum dat door louter toeval is ontstaan bestond er simpelweg geen plan.

De mens maakt géen deel uit van een kosmisch plan.

Wat is de zin van het leven?

Deze vraag is in het verleden door veel filosofen gesteld. Aan de ene kant zijn er de pessimisten en nihilisten zoals Arthur Schopenhauer en Friedrich Nietzsche, die stellen dat er niets is dat het leven de moeite waard maakt. Aan de andere kant zijn er de optimisten die geloven in een God en een leven na de dood en hun leven hier op aarde in dienst stellen van een bovennatuurlijke macht. In het midden van het spectrum vinden we filosofen zoals Jean-Paul Sartre en Albert Camus, auteurs van het existentialisme, die stellen dat er buiten de mens weliswaar geen zingevende autoriteit bestaat, maar dat de mens de mogelijkheid heeft om de zin van het leven voor zichzelf te bepalen. De filosoof Bertrand Russell zegt hierover: “Tenzij je het bestaan van God veronderstelt, is de vraag naar de zin van het leven een betekenisloze vraag”.

Wat mij betreft is de vraag: wat is de zin van het leven, een vervelende, dwangmatig vraag, want dit zinnetje duwt het denken in een doodlopende straat. Het suggereert namelijk dat er voor iedereen maar één en hetzelfde, in beton gegoten antwoord mogelijk is. Waarom zouden er niet meer ‘zinnen’ van het leven mogelijk kunnen zijn? Waarom zou de zin van het leven niet iets persoonlijks mogen zijn? En waarom zou je de zin van het leven niet met voortschrijdend inzicht mogen bijstellen?

Als je een willekeurig persoon de vraag stelt: wat is de zin van het leven, dan zal diegene het antwoord op die vraag waarschijnlijk schuldig blijven, terwijl het antwoord daarop juist zekerheid en houvast in het leven zou kunnen bieden. Er zijn mensen van daken gesprongen omdat zij 'de zin van het leven' niet meer zagen. In die zin kan het stellen van die vraag het leven zelfs problematischer maken dan het al is.

Vanuit het concept van een wereld die door louter toeval is ontstaan, moet je niet gaan wachten totdat een hogere macht jou de zin van het leven komt influisteren. Er rest dus niets anders dan dat ieder mens de verantwoordelijkheid op zich neemt om de zin van zijn eigen leven zelf in te vullen, met andere woorden: de zin van het leven is de zin die jij er zelf aan geeft.

De mens staat evenwel niet alleen in het leven, maar is onderdeel van een gemeenschap of maatschappij en derhalve kan hij zijn doeleinden niet in volledige vrijheid bepalen. In de eerste plaats zijn er de nationale en lokale formele wetten waar iemand zich aan heeft te houden. Op de tweede plaats zijn er de praktisch ethische regels die een gemeenschap of maatschappij kenmerken en waaraan iemand zich dient te conformeren. Daar bovenop komen nog de leefregels van de desbetreffende religie waar iemand al dan niet in gelooft.

Je kunt, nee, je moet de zin van je leven zelf bepalen, maar wel binnen de wettelijke, ethische en religieuze grenzen.

Waar gaan wij naar toe?

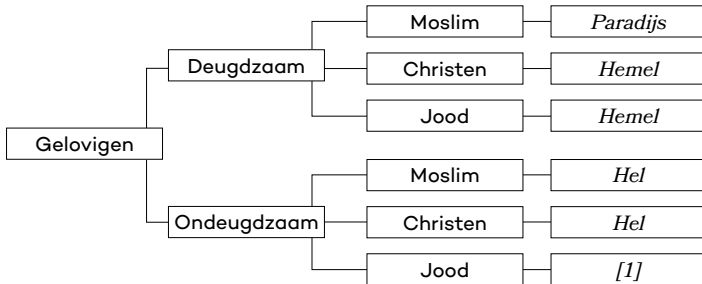
Deze vraag wordt door ieder van de drie Abrahamitische religies verschillend beantwoord, maar aangezien we niet kunnen weten of deze religies naast elkaar kunnen bestaan of dat er slechts één religie de ware is, is het antwoord op deze vraag iets gecompliceerder.

De uiteindelijke bestemming van de mens is afhankelijk van de volgende condities:

- 1 Bestaat God überhaupt?
- 2 Ben je gelovig of niet-gelovig?
- 3 Ben je jood, christen of moslim?
- 4 Heb je een deugdzaam of een ondeugdzaam leven geleid?

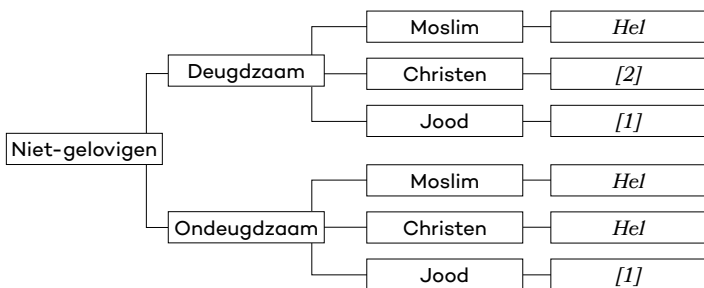
Laten we met de eerste conditie beginnen, want daar kunnen we kort over zijn. Indien God niet bestaat, dan hebben de niet-gelovigen het achteraf bij het rechte eind gehad. Pech voor de gelovigen. Na de dood is het over en sluiten voor iedereen.

Mocht God echter wel bestaan, dan resteert een driedimensionale puzzel die ik heb uitgewerkt in de volgende flowcharts:



Figuur 7. Het lot van gelovigen

[1] De joden geloven in een hel waarin een tijdelijk louteringsproces plaatsvindt, waarna men alsnog in de hemel komt. Dit geldt voor joden en niet-joden. Alleen uitzonderlijk slechte mensen zoals Hitler zijn gedoemd om eeuwig in de hel te verblijven.



Figuur 8. Het lot van niet-gelovigen

[1] De joden geloven in een hel waarin een tijdelijk louteringsproces plaatsvindt, waarna men alsnog in de hemel komt. Dit geldt voor joden en niet-joden. Alleen uitzonderlijk slechte mensen zoals Hitler zijn gedoemd om eeuwig in de hel te verblijven.

[2] Voor niet-gelovigen, die evenwel een deugdzaam leven hebben geleid, rest na de dood in principe het vagevuur of de hel, maar misschien is er toch nog een sprankje hoop. De leefregels van de tien geboden zijn zo algemeen dat iemand volgens deze regels geleefd zou kunnen hebben zonder deze regels te kennen. Wanneer je dan, als niet-gelovige, intuïtief volgens de tien geboden hebt geleefd, is God misschien barmhartig en is er mogelijk toch een plaatsje beschikbaar op de achterste rij in de hemel.

Toelichting op de flowcharts

- 1 Het is een wijdverbreid misverstand om te denken dat niet-moslims naar de moslim-hel gaan. Volgens de Koran kan iedereen die in God gelooft en deugdzaam heeft geleefd naar de hemel gaan, ongeacht de naam van het geloof waartoe men behoort: “Zij die geloven, zij die het Jodendom aanhangen, de Christenen en de Sabiërs die in God en de laatste dag geloven en die deugdelijk handelen, voor hen is hun loon bij de Heer en zij hebben niets te vrezen noch zullen zij bedroefd zijn.” (Koran 2:62)
- 2 Mocht er slechts één religie prevaleren, dan ontstaat er een complicatie als het gaat om de vraag voor welke God de deugdzame niet-gelovige op de Dag des Oordeel

moet verschijnen. Zoals te zien in de flowcharts maakt het nogal verschil uit of dat Allah is, of Jaweh. Welke God neemt hier het voortouw? Het lijkt wel de quiz 'Wie van de drie?' Of wordt het 'Geen van de drie'?

- 3 Een soortgelijk probleem doet zich voor bij ondeugdzame niet-gelovigen. Naar welke hel gaat de grootste crimineel? Of komt hij ermee weg als er geen enkele hel blijkt te bestaan?

Zelfs als God zou bestaan, is er geen garantie op eeuwig leven, voor niemand, ook niet voor de allervroomste gelovige.

Hoofdstuk 9: Het einde van het heelal

Het einde van de planeet aarde

De zon is nu zo'n 4,6 miljard jaar oud en heeft nog 5 tot 6 miljard jaar te gaan. Dit nucleair fornuis, 150 miljoen kilometer bij ons vandaan, converteert 600 miljoen ton waterstof per seconde in helium! Men kan precies berekenen wanneer de zon alle waterstof uit haar kern heeft verbrand. Daarna begint de zon helium te verbranden dat omgezet wordt in zwaardere elementen, zoals zuurstof, koolstof en ijzer, waardoor ze afkoelt en opzwellt. Ze verandert van een gele ster in een rode reus. Vervolgens wordt de atmosfeer van de aarde verzwolgen en is de temperatuur inmiddels zo hoog opgelopen dat onze oceanen verdampen. Voorts zwelt de zon verder op en 'eet' eerst de binnenste planeten Mercurius en Venus op, en vervolgens moet onze aarde eraan geloven. Tenslotte wordt de zon zo instabiel dat ze implodeert door haar eigen zwaartekracht. Alle leven op aarde is dan allang vernietigd.

Maar er ligt nog een ander gevaar op de loer. Het is hoogstwaarschijnlijk dat ons Melkwegstelsel in botsing gaat komen met de Andromedanevel. Dit is een sterrenstelsel vergelijkbaar met ons eigen Melkwegstelsel en komt onze kant op met een

snelheid van 400.000 km/uur. Met de kennis van nu verwachten wetenschappers dat deze confrontatie over ongeveer 4 miljard jaar zal gaan plaatsvinden. Men denkt niet dat de sterren en planeten van beide stelsels, vanwege de enorme onderlinge afstanden, effectief op elkaar zullen botsen, maar wel dat ze door de onderlinge zwaartekracht flink door elkaar worden gehusseld. Waterstof van beide stelsels komt bij elkaar en vormt de geboortegrond voor een explosie aan nieuwe sterren. Zwarte gaten zoeken elkaar op in het midden van de fuserende stelsels. Door deze kosmische *crash* loopt de temperatuur op aarde zo hoog op dat de oceanen droogkoken en het aardoppervlak verschroeit. Alle leven op aarde wordt onherroepelijk vernietigd.

Maar gaat de mens dit einde meemaken? Enkele reële gevaren bedreigen de mensheid voor het zover is:

Een botsing van een planetoïde met de aarde.

Zo'n 66 miljoen jaar geleden botste een planetoïde met een diameter van ongeveer 12 kilometer op de aarde, om precies te zijn op het Mexicaanse schiereiland Yucatan. Als gevolg daarvan werd uiteindelijk een deel van de dierenpopulatie, waaronder de dinosauriërs, vernietigd. Het is een statistische zekerheid dat ergens in de komende 100 miljoen jaar weer een dergelijke botsing plaats zal vinden, die mogelijk een nog grotere impact heeft. Het zou onze hele beschaving weg kunnen vagen. De mensheid gaat dit evenwel niet zitten afwachten, en het ruimtevaartbureau NASA heeft op 24 november 2021 een ruimtevaartuig onder de naam DART (*Double Astroid Redirection Test*) naar een tweetal astroïdes gestuurd die ergens tussen Mars en Jupiter rondcirkelen. De DART zal na een reis van ongeveer 10 maanden een van de astroïdes rammen, zodat die van baan verandert. Dat is althans de bedoeling. Als deze test slaagt, dan betekent dit dat

de mens zich in de toekomst tegen een inslag van astroïdes en planetoïdes zou kunnen wapenen, mits ze niet al te groot zijn.

De mens vernietigt zijn eigen habitat.

De mens heeft de twijfelachtige eer dat hij het eerste wezen is, dat erin geslaagd is om permanent te ontsnappen aan 'natuurlijke selectie'. Dientengevolge is de mensheid een konijnenplaag geworden, en net als de konijnen bevuilt de mens zijn eigen hol, pardon bol (lees: aarde).

Dit heeft evenwel dramatische consequenties tot gevolg, die wij nu met z'n allen aan den lijve ondervinden. Zeg niet dat we het niet hebben zien aankomen! Het is een feit dat een tijdgenoot van Charles Darwin, de Anglicaanse predikant Thomas Malthus (1766-1834) al in zijn tijd waarschuwde voor overbevolking. Zijn redenering was dat wanneer de bevolking exponentieel zou toenemen, de groei van de voedselproductie, die volgens hem lineair was, de toename van de bevolking niet zou kunnen bijbenen, met als gevolg hongersnood op grote schaal.

De Club van Rome deed deze voorspelling in 1972 nogmaals dunnetjes over met haar rapport 'Grenzen aan de groei' (*The Limits to Growth*).

Nog steeds wint het dierlijke instinct van de 'naakte aap' om kinderen te blijven verwekken het van de ratio. Nu de gevolgen van overbevolking overduidelijk zichtbaar worden in de vorm van klimaatverandering, komt de politiek in actie. 'Als het kalf verdronken is, dempt men de put', o, zo typerend voor de politiek. Overbevolking is het structurele probleem, de huidige CO₂-politiek, alhoewel noodzakelijk, is slechts symptoombestrijding.

Naast de bevolkingsexplosie is er het probleem dat de kloof tussen arm en rijk alsmaar groter wordt. Dit thema is uitputtend beschreven door de Franse econoom Thomas

Piketty (1971-heden). Door het succes van zijn boeken is hij evenwel zelf onderdeel van het probleem geworden. Ook religieuze spanningen tussen volkeren en geopolitieke spanningen kunnen te allen tijde escaleren en de wereldorde wreed verstoren. En zoals wij recentelijk hebben ervaren, liggen er voortdurend pandemieën op de loer. Het is niet denkbeeldig dat er ooit nog zo'n dodelijk virus opduikt dat zó snel muteert, dat er geen enkel vaccin tegen opgewassen is. Het gevolg zal zijn dat de mensheid decimeert, zoals dat ook gebeurde tijdens de pestepidemie in de middeleeuwen.

De mens ontketent een kernoorlog.

Een kernoorlog, zowel mondiaal als regionaal, is niet denkbeeldig. Ten tijde van het schrijven van dit boek laaiden de spanningen tussen de Verenigde Staten en Rusland als gevolge van de oorlog in Oekraïne dusdanig op dat het gevaar van een kernoorlog weer dichterbij is gekomen. De VS en Rusland beschikken over voldoende atoomwapens om letterlijk alles op aarde te vernietigen. Naast de vele dodelijke slachtoffers kunnen de consequenties voor de weinige overblijvers dramatisch zijn. Door een kernoorlog verspreiden zich grote hoeveelheden fijnstof in de atmosfeer. Hierdoor wordt het zonlicht tegengehouden en wordt het overal donker en koud. Recentelijk hebben onderzoekers ontdekt dat onder deze condities een aanzienlijk deel van de ozonlaag kan verdwijnen. Wanneer de rook na enkele jaren weer optrekt en de temperatuur weer gaat stijgen, zal de hoeveelheid UV-straling op aarde drastisch toenemen met verregaande gevolgen voor de gezondheid van alles wat leeft. Niet een scenario om naar uit te kijken. Men kan alleen maar hopen dat politici blijven volharden om kernwapens wereldwijd uit te bannen.

Waarom willen Jef Bezos, Richard Branson en Elon Musk naar Mars?

De heren Bezos, Branson en Musk willen de ellende die op de wereld afkomt niet afwachten en plannen een expeditie naar Mars. Ze zijn reeds in het stadium dat ze, tegen een aanzienlijk bedrag, ruimtevaarten aanbieden aan de happy few, want het blijven zakenmensen. Uiteraard zien ze ook economische *opportunities* met verplaatsingen naar Mars in de toekomst, maar geld speelt in feite geen rol voor deze rijkkaards. Ze zijn ongetwijfeld ook uit op eeuwige roem, want degene die deze ruimte race wint gaat de geschiedenisboeken in als de nieuwe Columbus. Alhoewel, deze vergelijking gaat niet helemaal op, want toen Columbus in 1492 vanuit Portugal vertrok, wist hij niet eens dat hij Amerika zou gaan ontdekken.

De Eindtijd

Het is onvermijdelijk dat de zon binnen 5 tot 6 miljard jaar zal zijn opgebrand, waardoor leven op aarde niet meer mogelijk is. Maar voor het zover is, zal de temperatuur op aarde door de stervende zon echter zo hoog zijn opgelopen dat de mensheid dit niet overleeft. Desalniettemin lijkt het niet verstandig dat God de *crash* met de Andromedanevel afwacht. Het is van de zotte dat de mens God eraan kan herinneren om Armageddon op de agenda te zetten vóórdát de Andromedanevel ons Melkwegstelsel zal bereiken. Mocht de Almachtige evenwel niet bestaan, dan is de mens, om te kunnen overleven, gedoemd om van planeet naar planeet te hoppen omdat de corresponderende sterren met zekerheid zullen uitdoven. Maar de 'zigeuners van het heelal' zullen uiteindelijk toch moeten capituleren, ruim voordat de laatste dag van het heelal is aangebroken.

Wat gaat er verder met het heelal gebeuren?

Hieronder vind je een drietal gangbare scenario's waarop het heelal aan zijn einde zou kunnen komen:

- 1** Het heelal dijt verder uit, maar komt op een gegeven moment tot stilstand en vervolgens krimpt het heelal in om te eindigen in de *Big Crunch*.
In dit scenario wint de zwaartekracht het van de 'donkere energie'. Naarmate de terugtrekking vordert, komen sterrenstelsels steeds dichter naar elkaar toe en ontstaan botsingen zoals hierboven beschreven, bij de mogelijke aanvaring van de Andromedanevel met ons Melkwegstelsel. Aan het eind van de inkrimping wordt het heelal gecomprimeerd in een punt met oneindige dichtheid, een singulariteit. Het heelal is terug bij af.
- 2** Tot ongeveer vijf miljard jaar geleden was de uitdijning van het heelal traag vanwege de zwaartekracht, maar recentelijk is de uitdijning weer toegenomen en lijkt die ook steeds sneller te gaan. Wetenschappers schrijven dit toe aan de expanderende kracht van de 'donkere energie'. Volgens dit wiskundige model, dat de *Big Rip* wordt genoemd, zal 60 miljoen jaar voor het einde ons Melkwegstelsel uit elkaar worden getrokken. Drie maanden voor het einde gebeurt hetzelfde met het zonnestelsel en drijven de planeten de ruimte in. Een half uur voor het einde explodeert onze aarde. En een fractie van een seconde voor het einde worden alle atomen uit elkaar gerukt.
- 3** Het heelal blijft eeuwig versneld uitdijen, omdat de uitdijende kracht groter blijft dan de zwaartekracht. Sterrenstelsels komen steeds verder uit elkaar te liggen. Je kunt je dat als volgt voorstellen: veronderstel dat de sterrenstelsels gepositioneerd zijn op de buitenkant van een ballon. Wordt de ballon verder opgeblazen, dan wordt er ruimte gecreëerd en komen de sterrenstelsels

steeds verder uit elkaar te liggen, zodanig dat op den duur het licht de naburige sterrenstelsels niet meer kan bereiken. Als men dan door een telescoop het heelal in kijkt, ziet men niets, het wordt eenzaam op die planeten. Maar het wordt nog beroerder dan dat. Op een gegeven ogenblik zullen de omringende gaswolken opraken en kunnen er geen nieuwe sterren meer gevormd worden. De nog bestaande sterren doven uit en de temperatuur daalt tot nul graden Kelvin. Deze eindtoestand noemt men de *Big Chill* of de *Big Freeze*.

Naast bovenstaande scenario's bestaan er nog diverse andere theorieën over het einde van het heelal. Het voert te ver om die binnen het bestek van dit boek te bespreken. Welk scenario uiteindelijk zal plaatsvinden is moeilijk te voorspellen. De grote onzekerheid in het doen van een voorspelling komt door de factor 'donkere energie'. Fysici kunnen het gedrag daarvan momenteel nog niet goed inschatten. Maar laten we hier stoppen, de mens is er dan immers allang niet meer.

Hoofdstuk 10: De toekomst van het heelal

Na bekomen te zijn van de schok van het noodlottige einde der mensheid gloort er misschien toch nog een sprankje hoop aan de horizon. Er bestaat wellicht een kans op de wedergeboorte van het heelal. We betreden thans het domein van de speculatie en de fantasie, en dat is best verfrissend na de koude dood van de *Big Chill*, het inferno van de *Big Crunch* of de afslachting van de *Big Rip*. De grote vraag is evenwel of ook de mens in wedergeboorte terugkeert.

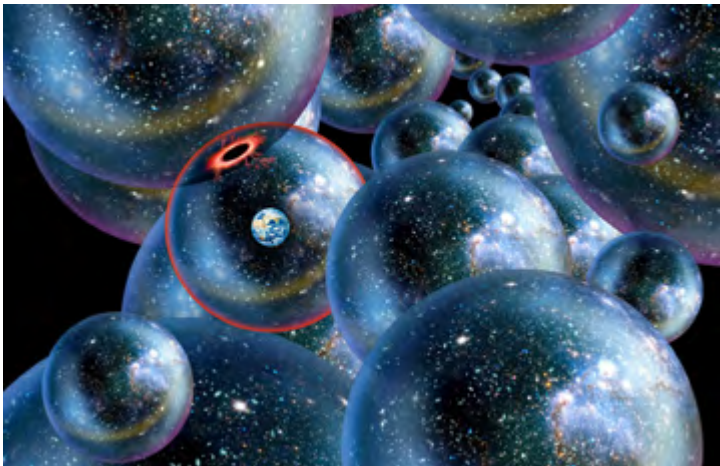
Laten we weer eens beginnen met een gedachte-experiment. Stel nu eens dat ons heelal eindigt in de *Big Crunch*, dus in een singulariteit. Nu bestaat er een ongeschreven wet die zegt dat als er in de natuur iets kan gebeuren, dat het dan ook gebeurt (*Murphy's Law* – als er iets fout kán gaan, dan gaat het ook fout – is een verbijzondering van deze wet).

Het is algemeen geaccepteerd dat de *Big Bang* daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. Uit Stelling 2 van Hoofdstuk 5 weten we dat de oerknal geen *act of God* is geweest. Daarom is de *Big Bang* een natuurverschijnsel, en kan en zal zo'n *Big Bang* volgens de ongeschreven wet nogmaals plaatsvinden, zodat er weer een nieuw heelal gaat ontstaan. Ook dit nieuwe heelal

zal waarschijnlijk ooit weer imploderen tot een singulariteit, omdat de hoeveelheid zichtbare massa binnen dit gesloten systeem gelijk is gebleven, zodat bij een volgend einde van dit heelal de zwaartekracht het uiteindelijk weer zal winnen van de uitdijende kracht. Vervolgens zal de geschiedenis zich blijven herhalen, en dit *ad infinitum*. Of de mens in een van deze heelallen weer zal verschijnen is de grote vraag, die afhangt van het feit of op zijn minst dezelfde kritische kosmische condities zich weer zullen voordoen. Stephen Hawking was hier niet al te optimistisch over: “De kans dat er geen heelal zoals dat van ons tevoorschijn komt uit iets als de *Big Bang* is enorm”. Hawking doelt hier waarschijnlijk op het feit dat de *Big Bang*, mede vanwege kwantumeffecten en andere toevallige effecten, géén deterministisch proces is. Daarom is het *a priori* geenszins zeker dat de mens weer ten tonele verschijnt.

Langs diezelfde redenering kom je tot de conclusie dat er voor óns heelal, een ander heelal moet hebben bestaan. En daarvóór weer één. Je zou je kunnen afvragen of er ooit een allereerste heelal geweest is. Dan moet er ook een allereerste oerknal zijn geweest, die plaats heeft gevonden uit de allereerste oerknalsingulariteit. Maar wie heeft dan de allereerste oerknal veroorzaakt? Is dat de ultieme schepper geweest? En wie heeft dan de ultieme schepper geschapen? Maar net zoals bij ons eigen heelal stond ook hier de tijd stil en kon er geen schepper bestaan. En net zoals bij ons heelal heeft niemand op de knop van de *Big Bang* van het eerste heelal gedrukt. Daarom bestond er voor het eerste heelal een nog ouder heelal en daarvoor weer één. Zo bezien is de geschiedenis en toekomst van ons heelal een eeuwigdurende harmonicabeweging van expansies en contracties: een cyclisch heelal. Wie durft er nog te beweren dat een *perpetuum mobile* niet bestaat? De verklaring hiervoor volgt uit de eerste wet van de thermodynamica, die zegt dat de totale energie in een gesloten systeem, zoals ons heelal, nooit verloren gaat.

Er bestaan bepaalde redenen om aan te nemen dat er buiten ons heelal andere zogenaamde parallel-universa zouden kunnen bestaan. Op de eerste plaats is dat op metafysische gronden een parallel-universum waarin God resideert. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat dit parallel-universum niet cyclisch, maar eeuwigdurend is. Dan zijn er diverse theoretisch-fysische argumenten voor het bestaan van meerdere universa. Zo hebben Stephen Hawking en Thomas Hertog een paar jaar geleden geconcludeerd dat uit het model van de 'no boundary proposal' (zie Appendix 5), dat gebaseerd is op de kwantummechanica, logischerwijs en onvermijdelijk een multiversum moet voortkomen. Ook de vermaarde Amerikaanse snaartheoreticus, Brian Greene (1963-heden), komt op basis van de snaartheorie tot de conclusie dat er een veelvoud aan parallelle universa zou kunnen bestaan. Deze hypothese zou volgens hem getoetst kunnen worden in een deeltjesversneller.



Figuur 9. Het multi-bubbel universum

Een ander voorbeeld is de bubbeltheorie van de Amerikaanse fysicus Paul Steinhardt (1952-heden). Steinhardt gaat ervan uit dat vlak na de oerknal de inflatie van het heelal in een beperkt gebied stopte, en zich daarbuiten verder voortzette. Vervolgens scheidde zich weer een beperkt gebied af en daarna weer een. Enzovoort.

Al deze afgescheiden bubbels, zoals ze genoemd worden, ontwikkelden zich tot parallel-universa die steeds verder uit elkaar kwamen te liggen. Een voorwaarde voor het bestaan van het multi-bubbel universum is uiteraard dat de enorm krachtige inflatie van het heelal, onmiddellijk na de oerknal, daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. Zo niet, dan kan het concept van de oneindige bubbelcreatie de wetenschappelijke prullenmand in. Naast deze bubbeltheorie bestaan er nog diverse andere multiversum-theorieën, maar deze worden, binnen de beperkte *scope* van dit boek, niet verder besproken.

Slotwoord

Ik zou willen dat ik gelovig was, maar dat is, ondanks mijn strenge rooms-katholieke opvoeding, nu eenmaal niet mijn overtuiging. Als ik gelovig zou zijn, had ik in slechte tijden troost en hoop kunnen putten uit mijn geloof. Bovendien zou ik mij, bij goed gedrag, kunnen verheugen op het eeuwig leven na de dood. Als niet-gelovige zal ik het moeten doen met het tijdelijk bestaan op deze aardkloot en misschien een vervolg in de hel. Maar ik sluit niet uit dat God bestaat. Ik ben, net zoals iedereen trouwens, agnost.

Op 25 december 2021 is, ter vervanging van de oude Hubble-ruimtetelescoop, de James Webb Space Telescope gelanceerd. Deze telescoop, ter grootte van een tennisveld, is vele malen krachtiger en draait zijn baantjes om de zon op anderhalf miljoen kilometer afstand van de aarde. President Joe Biden heeft op 11 juli 2022 vol trots de eerste beelden, in hoge resolutie, aan de wereld geopenbaard. Dit uiterst complex, technologisch hoogstandje had op alle mogelijke manieren mis kunnen gaan, maar de ruimtetelescoop lijkt perfect te functioneren. En dat is maar goed ook, want de kosten van het James Webb-project over de gehele looptijd gaan richting een slordige 14 miljard dollar. Dat is één dollar voor ieder jaar dat het heelal heeft bestaan! Astrofysici hebben hier geen boodschap aan en kijken reikhalzend uit naar de komende infrarood-beelden die meer dan 13 miljard jaar terug gaan in

de tijd, waardoor we meer te weten zullen komen over het ontstaan van het heelal.

Wat heeft de fysica nog meer in petto?

In de frontlinie van de fysica wordt hard gewerkt aan de unificatie van de theorie van de macrokosmos (relativiteitstheorie) en de microkosmos (kwantummechanica). Albert Einstein en Stephen Hawking hadden vurig gehoopt dat ze tijdens hun leven de heilige graal van de fysica, de 'theorie van alles', nog zouden meemaken. Dat heeft helaas niet zo mogen zijn.

Een van de veelbelovende kandidaten voor de 'theorie van alles' is de zogeheten snaartheorie. Wanneer deze theorie werkelijkheid mocht worden, dan is men in staat om de begincondities op tijdstip $t=0$ van de oerknal vast te stellen, waardoor duistere zaken zoals 'zwarte gaten', 'donkere materie' en 'donkere energie' wellicht worden opgehelderd.

Ook kan men dan met grote zekerheid voorspellen welke de meest waarschijnlijke theorie zal zijn voor het einde van ons heelal. De fysicus die er als eerste in slaagt om de 'theorie van alles' te beschrijven, wordt de nieuwe Einstein, maar het kan ook een gezamenlijke inspanning worden van meerdere fysici zoals dat bij de kwantummechanica het geval was. Tegelijkertijd met de zoektocht naar de 'theorie van alles' klinkt al de volgende vraag: heeft God een rol gespeeld bij de creatie van de natuurwetten zelf? Hoe dan ook, het worden sowieso opwindende tijden voor de fysica.

Een van de Nederlanders die zich bezig heeft gehouden met de snaartheorie is onze huidige minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, Robbert Dijkgraaf. Voor hij minister werd was hij directeur van het vermaarde *Institute for Advanced Study in Princeton*, (USA), waar ook Albert Einstein werkte nadat hij gevlucht was voor de nazi's. Het is bijzonder spijtig dat minister

Dijkgraaf zijn wetenschappelijke ambities verruild heeft voor de Haagse *nitty-gritty*.

De sneltrein van de fysica dendert voort. Het boemeltreintje van de filosofie beweegt, maar langzaam. En de paardentram van de religies staat al eeuwen stil.

De natuurwetenschap zal ook in de toekomst steeds meer terrein van de filosofie en de religies blijven annexeren. Als ik, wat dit betreft, een voorspelling zou moeten doen, dan lijkt het me niet denkbeeldig, dat er op termijn een algemeen geaccepteerde oplossing voor het lichaam-geest probleem komt ten faveure van de monisten.

Nog preciezer; ik schaar mij in het kamp van de fysicalisten die ervan uitgaan dat alle rationele, morele, psychologische gedachten en gevoelens van de mens voortkomen uit fysiologische processen in de hersenen en verklaarbaar zijn vanuit de natuurwetenschap. Zo kunnen onze denkprocessen niet bestaan zonder onze hersenen. Ook kan informatie niet bestaan zonder een informatiedrager. Als een informatiedrager vernietigd wordt, is daarmee ook de informatie verdwenen. Wanneer ons lichaam afsterft en onze hersenen ophouden met functioneren, dan ligt het voor de hand dat alle opgeslagen informatie in onze hersenen verloren gaat. Zonder informatiedrager géén informatie en zonder lichaam geen geest.

Is dit een probleem? Niet zozeer voor de filosofie lijkt mij. De dualisten hadden het kennelijk mis, het zij zo. Voor de filosofen blijft er nog genoeg stof tot nadenken over. Maar voor de religies is de schade aanzienlijk. Als de geest met het lichaam afsterft, wat gaat er dan naar het hiernamaals? Mij dunkt dat God hier een serieus probleem heeft op te lossen.

Kunnen we ten slotte, nu we aan het einde van het boek zijn aanbeland, de vraag of God bestaat met ja of nee beantwoorden? Nee, en het zou best eens kunnen dat we deze vraag op wetenschappelijke gronden nooit kunnen beantwoorden. Wat we nu wel met zekerheid weten is dat God, vanaf het tijdstip $t=0$ van de oerknal, niet betrokken is geweest bij het ontstaan en de evolutie van het universum inclusief de mens. Dit betekent evenwel dat de waarschijnlijkheid dat God bestaat, zienderogen kleiner wordt.

De natuurwetenschap zal misschien ooit alle mysteries van het universum kunnen ontrafelen, maar het feit dat het universum überhaupt existeert, zal altijd wel een mysterie blijven.

Waarom is er iets en niet niets?

Volgens de Duitse filosoof en wiskundige Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) is dit de meest ultieme vraag die de mens zich moet stellen. Misschien zijn we hier toch aanbeland in het domein waar God zijn intrede doet. Het lijkt mij daarom passend om te eindigen met een citaat uit de Hamlet van Shakespeare: "In de hemel en op aarde is er méér, Horatio, dan waar je in jouw filosofie van durft te dromen".

Appendix 1:

Isaac Newton

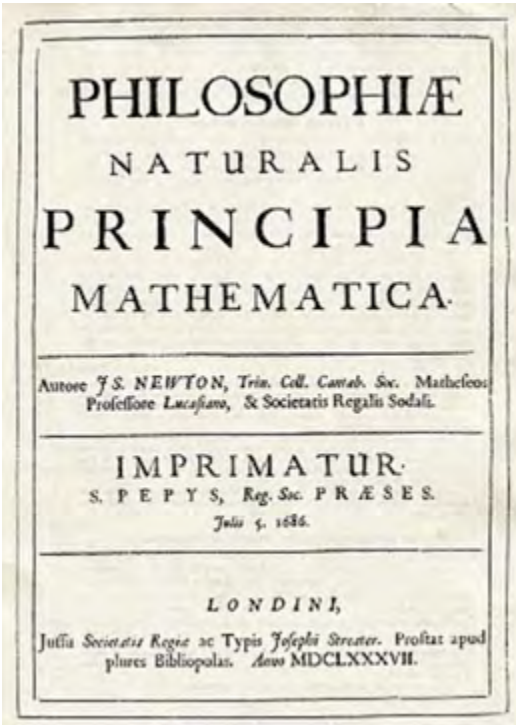
Isaac Newton is de vader van de klassieke mechanica

De Engelsman Isaac Newton is een van de grootste natuurkundigen aller tijden, en bedenker van het begrip 'zwaartekracht'.

De legende doet de ronde dat Newton op zijn ideeën over zwaartekracht kwam toen hij in de boomgaard van zijn moeder een appel uit een boom zag vallen. Vervolgens kwam hij tot het inzicht dat de zwaartekracht zich nog veel verder zou kunnen uitstrekken dan de appelboom, bijvoorbeeld ... tot aan de maan! Later was hij in staat om precies de baan van de maan om de aarde te berekenen.



Figuur 10. Newton onder de appelboom.



Figuur 11. Het beroemde boek van Newton.

Als professor in de wiskunde aan de universiteit van Cambridge formuleerde hij zijn bewegingswetten in zijn beroemde boek *Principia Mathematica* dat rond 1687 gepubliceerd werd.

Hieronder volgt een beknopte samenvatting:

Eerste wet: Een voorwerp waarop geen kracht wordt uitgeoefend beweegt met een constante snelheid in een rechte lijn of is in rust.

Deze wet formuleert de traagheid of inertie van een voorwerp.

Tweede wet: De kracht die op een voorwerp wordt uitgeoefend is gelijk aan het product van de massa van het voorwerp en de versnelling die het voorwerp ondergaat.

Deze wet, in formulevorm $F=m \times a$, is de hoofdwet van de klassieke mechanica, waarin:

‘F’ is kracht (*force*)

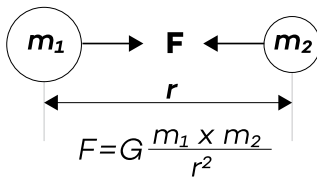
‘m’ is massa (*mass*)

‘a’ is versnelling (*acceleration*)

Derde wet: Als een voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B gelijktijdig eenzelfde, maar tegengestelde kracht uit op voorwerp A. Deze wet staat bekend als ‘actie=reactie’.

De gravitatiewet van Newton

Naast de bewegingswetten bedacht Newton ook de gravitatiewet die de kracht definieert waarmee twee massa's elkaar aantrekken. Deze kracht is gericht langs de lijn die beide zwaartepunten met elkaar verbindt en is evenredig met het product van beide massa's, en omgekeerd evenredig met het kwadraat van hun afstand.



Figuur 12. De gravitatiewet van Newton

‘F’ is de gravitatiekracht

‘G’ is de gravitatie constante

‘m1’ is de eerste massa

‘m2’ is de tweede massa

‘r’ is de afstand tussen de zwaartepunten van beide massa's.

Newton ging uit van een wereldbeeld van absolute ruimte en tijd. Hij hanteerde slechts één driedimensionaal coördinatenstelsel waarin alle gebeurtenissen zich gelijktijdig afspeelden. Elke beweging was het gevolg van een oorzaak. Newton kon precies berekenen hoe snel een appel uit de boom viel of waar een weggeschoten kanonskogel neer zou komen. Maar ook welke baan de planeten om de zon beschreven.

Men dacht in die tijd dat de theoretische natuurkunde met dit deterministisch systeem weldra voltooid zou zijn. Twee eeuwen later bleek echter dat de klassieke mechanica niet in staat zou zijn om bijvoorbeeld de aard en beweging van het licht accuraat te kunnen beschrijven.

*Isaac Newton werd eens gevraagd
hoe hij de gravitatiewet had ontdekt.
Zijn antwoord luidde: “Door er de hele tijd
aan te denken”.*

Hoewel Newton met zijn gravitatiewet de banen van de zon en de planeten nauwkeurig kon berekenen, had hij de grootste moeite met het idee van ‘actie op afstand’. In een brief aan de filoloog Richard Bentley schreef hij: “Dat het ene lichaam op afstand inwerkt op een ander door een vacuüm zonder tussenkomst van iets anders, waardoor hun actie en kracht van elkaar kunnen worden overgebracht, is voor mij zo’n grote absurditeit dat, naar ik geloof, geen mens die in filosofische aangelegenheden een bekwaam denkvermogen heeft, er ooit in zou kunnen vallen”.

Zijn grootste frustratie was dat hij nooit het wezen van de zwaartekracht heeft kunnen doorgronden, of in zijn eigen woorden: “Ik heb de oorzaak van deze eigenschappen van zwaartekracht nog niet kunnen achterhalen uit verschijnselen en ik veins geen hypothesen”.

Met de kennis van nu weten we dat Newton dit probleem nooit zelf had kunnen oplossen. Daar was, twee eeuwen later, het briljante brein van een zekere Einstein voor nodig.



Isaac Newton (1642-1727)

Isaac Newton was niet alleen natuurkundige, maar ook filosoof, wiskundige, sterrenkundige, theoloog en alchemist.

Min of meer gelijktijdig met de Duitse wiskundige Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) ontwikkelde Newton de differentiaal- en integraalrekening. Naast de *Principia Mathematica*

publiceerde Newton *Opticks*, waarin hij de diverse optica experimenten die hij uitvoerde beschreef, alsmede de daaruit afgeleide conclusies over de werking van het licht. Newton gebruikte daarbij een spiegeltelescoop die hij zelf had uitgevonden. In 1696 verhuisde hij van Cambridge naar Londen, om de eervolle functie van muntmeester (*Master of the Mint*) te bekleden. In die hoedanigheid zorgde hij voor de overgang van de Engelse pond van de zilverstandaard naar de goudstandaard. Voor zijn werk als muntmeester werd hij in 1705 door Queen Anne van Engeland tot ridder geslagen en mocht hij zich voortaan Sir Isaac Newton noemen.

Isaac Newton was de enige zoon van een gelijknamige rijke boer, die kort voor Isaacs geboorte overleed. Als te vroeg geboren baby dacht men dat Isaac niet zou overleven. Enkele jaren na zijn geboorte hertrouwde zijn moeder en vertrok met haar nieuwe echtgenoot, de opvoeding van de jonge Newton overlatend aan zijn grootmoeder. Deze ervaring heeft kennelijk

een onuitwisbare indruk achtergelaten op Newton, hetgeen zich in zijn latere leven uitte in onzeker, irrationeel gedrag en depressies. Met name zijn voortdurende strijd met zijn grootste wetenschappelijke opponent, Robert Hooke (1635-1703), die hem van plagiaat beschuldigde inzake de gravitatiewet en optica, dreef Newton tot extreme woede-uitbarstingen. Ook Gottfried Wilhelm von Leibniz, die onafhankelijk van Newton eveneens de differentiaal- en integraalrekening had ontwikkeld, beschuldigde hem van plagiaat, maar Newton kon, als president van de *Royal Society*, deze aanval makkelijk pareren. Ondanks zijn roem was Newtons privéleven verre van perfect. Hij was een onaangenaam iemand, trouwde nooit, had weinig vrienden en was in feite een 'loner'. Hij was diepgelovig en hield zich een groot deel van zijn leven bezig met theologische vraagstukken. Hij schreef: "Ik heb een fundamenteel geloof in de Bijbel als Gods Woord, geschreven door hen die geïnspireerd waren. Ik studeer de Bijbel dagelijks. Al mijn ontdekkingen zijn gedaan als antwoorden op mijn gebed".

In maart 1727 kreeg Newton ernstige maagpijnen en stierf de volgende dag, 84 jaar oud. Na zijn dood werd zijn roem alsnog groter. Volgens een peiling onder de leden van de *Royal Society* in 2005 werd Newton aangewezen als de grootste geleerde uit de gehele geschiedenis van de wetenschap, groter nog dan Albert Einstein.

Appendix 2:

Charles Darwin

Charles Darwin heeft tijdens zijn reis met het zeilschip *HMS Beagle* ontzettend veel biologische materiaal verzameld, zoals planten, fossielen en dieren, maar ook allerlei gesteenten, want hij was ook geschoold in de geologie. Darwin was tijdens zijn studie aan de Universiteit van Cambridge misschien niet de beste student, maar hij was wel een heel goede observator. Toen hij na vijf jaar weer terugkwam in Engeland, documenteerde hij alles wat hij verzameld had op zijn reis, in samenhang met zijn eigen observaties die hij genoteerd had. Dit resulteerde na twintig jaar in de publicatie van zijn beroemde boek *On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Een hele mond vol, maar in deze titel staat in een notendop de kern van zijn evolutietheorie. Laten wij het evolutieproces stap voor stap overlopen:

- » In de eerste plaats constateerde Darwin dat er in iedere populatie (dieren van dezelfde soort) een grote variëteit bestond. Geen dier was hetzelfde.
- » Van zijn tijdgenoot Thomas Malthus (1766-1834) had hij begrepen dat niet alle exemplaren overleven, er is een *struggle for life*.
- » De exemplaren die het beste aangepast waren aan hun omgeving hadden de meeste kans om te overleven.

Nadere precisering:

- 1 Spontane wijzigingen in genetisch materiaal (mutaties) zorgen voor variaties in de populatie.
- 2 Een klein verschil in uiterlijk of gedrag kan het verschil maken tussen leven en dood.
- 3 Individuen binnen een populatie veranderen niet, de gehele populatie verandert.
- 4 De veranderingen vinden niet willekeurig plaats, maar vinden plaats met een reden.
- 5 Evolutie is een gradueel proces, er gaat heel veel tijd overheen.
- 6 De gunstige eigenschappen moeten verankerd zijn in het DNA, anders werkt overerving, dus evolutie ook niet.
- 7 Het evolutieproces stopt nooit.

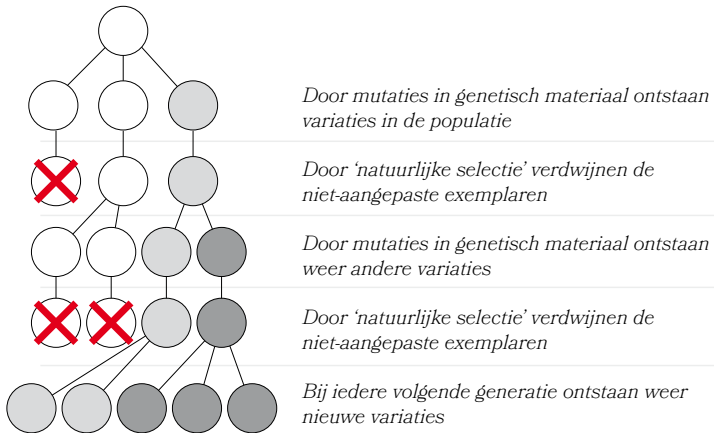


Figuur 13. Cartoon getiteld 'De mens is slechts een worm'.

Hier is een voorbeeld van het evolutieproces in werking: een vogel met enigszins donker getinte veren wordt op een vulkaaneiland met grijsbruine rotsen niet zo makkelijk door zijn natuurlijke vijanden opgemerkt als zijn lichter getinte soortgenoot en heeft daardoor een grotere kans om te overleven. Dit verschijnsel noemt Darwin 'natuurlijke selectie'. Er blijven derhalve relatief meer vogels met enigszins donker getinte kleuren leven. Wanneer deze vogels zich voortplanten, heeft de volgende generatie iets meer donker getinte veren dan de vorige generatie. Dit proces van graduele verandering blijft zich herhalen, van generatie op generatie, totdat de populatie uiteindelijk een schutkleur heeft aangenomen die overeenkomt met de kleur van het vulkaangesteente.

Alle diersoorten, inclusief de mens, hebben zichzelf geschapen door middel van evolutie!

Het evolutieproces in schemavorm



Figuur 14. Natuurlijke selectie van een populatie voor donkere kleuring.

In de evolutietheorie gebruikt Darwin de term *survival of the fittest* om ‘natuurlijke selectie’ aan te duiden. Deze term is evenwel niet door hem zelf bedacht, maar door de Britse econoom Herbert Spencer (1820-1903). Nu is het nooit verstandig om klakkeloos uitspraken van economen over te nemen en dat is ook in dit geval verkeerd uitgepakt. De term *survival of the fittest* wordt namelijk door velen opgevat als ‘overleving van de sterksten’ of ‘overleving van de slimsten’ of iets van die strekking, en dat is juist niet wat Darwin bedoeld heeft.

Wat Darwin met ‘natuurlijke selectie’ bedoelde, was dat dieren die zich het beste kunnen aanpassen aan hun omgeving of aan veranderende omstandigheden de beste overlevingskansen hebben. Beter ware het geweest wanneer Darwin ‘natuurlijke selectie’ had aangeduid met ‘*survival of the best adapters*’.

We laten Darwin hier zelf aan het woord: “*It is not the strongest species that survives, nor the most intelligent.*

It is the one that is most adaptable to change”.

Dieren die overleven zijn niet sterker of slimmer dan hun soortgenoten die het niet redden, ze hebben alleen de juiste kenmerken geërfd om te kunnen overleven.

Raadseltje

Dankzij de evolutietheorie van Darwin kon ook het kip-en-ei probleem worden opgelost. De meest elegante formulering kwam van de bekende Amerikaanse astrofysicus Neil de Grasse Tyson: “Wat was er eerder, de kip of het ei? Het ei – gelegd door een vogel die zelf geen kip was”.

Volgens het Bijbelse scheppingsverhaal was de kip er eerder.

Beide verklaringen kunnen niet tegelijkertijd waar zijn.

Kies zelf maar.



Charles Darwin (1809-1882)

Charles Darwin werd geboren in een artsenfamilie en het lag voor de hand dat hij ook arts zou worden. Naar verluidt bleek hij tijdens zijn opleiding niet tegen bloed te kunnen en daarom stopte hij met zijn artsenstudie. Zijn vader bepaalde dat Charles dan maar priester moest worden. Tijdens zijn priesteropleiding

ontving de tweeëntwintigjarige Charles een uitnodiging om een wereldreis te maken met het zeilschip de *Beagle*, die hij met beide handen aangreep. Overal waar hij kwam, bestudeerde hij de plaatselijke natuur. Hij verzamelde enorme hoeveelheden dieren, skeletten, planten, fossielen en geologische voorwerpen en liet deze opsturen naar Engeland. Het beste voorbeeld van 'natuurlijke selectie' dat hij had gevonden, waren de vinken die hij had verzameld op de Galapagos eilanden in de Stille Oceaan, ongeveer duizend kilometer uit de kust van Ecuador ter hoogte van de evenaar. Van een bepaalde vinkensoort bleek de vorm van de snavel zich aangepast te hebben aan de specifieke ecologische omstandigheden per eiland. De vinken met een sterke snavel op het eiland krijgen meer jongen. Zo komen er steeds meer vinken met stevige en grotere snavels. Maar die snavels worden niet oneindig groter en steviger: dat heeft ook nadelen. Die snavels kosten energie om te groeien en zijn zwaar om te dragen. De beste snavelvorm blijft uiteindelijk over: een evenwicht tussen sterk en zwaar. Een grote en krachtige snavel om noten mee te kraken, maar niet zo groot dat hij te veel energie kost om te groeien. In het natuurkundig museum Naturalis in Leiden zijn een vijftal van deze Darwin-vinken te bewonderen.

Zijn reis zou aanvankelijk twee jaar duren, maar uiteindelijk kwam de *Beagle* pas drie jaar later dan gepland weer in Engeland aan. Terug in Cambridge begon Darwin de enorme berg aan verzameld materiaal te analyseren en classificeren. Hij was er gedurende de rest van zijn leven mee bezig. Hij beschreef zijn waarnemingen en de daaruit afgeleide evolutietheorie uitgebreid en nauwgezet in zijn boek *On the Origin of Species* van ongeveer 500 bladzijden, hetgeen Darwin slechts als een eerste samenvatting betitelde.

Het is niet terecht om Darwin alle *credits* te geven voor de ontwikkeling van de evolutietheorie. Van diverse tijdgenoten die zich ook met deze problematiek bezighielden, heeft hij originele gedachten overgenomen. Het was zelfs zo dat de bioloog Alfred Russel Wallace (1823-1913) onafhankelijk van Darwin rond diezelfde tijd een soortgelijke evolutietheorie had ontwikkeld. Toen Darwin in de gaten kreeg dat Wallace op het punt stond om zijn theorie te publiceren, zette hij er een tandje bij en kwam hij uiteindelijk als eerste uit met zijn boek *On the Origin of Species*, voordat Wallace met de eer kon gaan strijken.

Er was echter een fundamenteel aspect in zijn eigen evolutietheorie dat Darwin niet kon verklaren; namelijk hoe de overerving van de nieuw verkregen eigenschappen in zijn werk ging. Met de kennis van nu weten we dat dit gepaard gaat met mutaties in de DNA-code, maar in Darwins tijd was dat nog niet bekend. Nu wil het toeval dat een tijdgenoot van Darwin, de monnik Gregor Mendel, zojuist zijn erfelijkheidsleer had ontwikkeld, maar Darwin heeft daar om een of andere reden nooit kennis van genomen. Zodoende heeft Darwin een uitgelezen kans laten schieten om een essentieel aspect van zijn evolutietheorie, namelijk het mysterie van de overerving, te kunnen begrijpen.

Hoewel Darwin afgestudeerd was als priester, ging hij, naarmate hij ouder werd, steeds meer twijfelen aan het christelijk geloof. Hij had zoveel wreedheid en lijden in de natuur geconstateerd dat hij zich niet kon voorstellen, dat God de schepper van zo'n natuur kon zijn. Ten tijde van het schrijven van *On the Origin of Species* had hij in feite zijn geloof al afgezworen. Ook wist hij als bioloog/geoloog natuurlijk dat zijn evolutietheorie conflicteerde met het Bijbelse scheppingsverhaal. Later schreef hij: "Het geheim van het begin van alles is ondoorgrondelijk. Daarom moet ik me ermee tevredenstellen dat ik agnost blijf".

In zijn latere leven kampte Darwin met chronische gezondheidsproblemen, maar ondanks zijn ziekte bleef hij, ook na de publicatie van *On the Origin of Species*, onvermoeid doorwerken aan de verdere ontwikkeling van de evolutietheorie, tot hij op 73-jarige leeftijd overleed.

Appendix 3: Albert Einstein

Je treedt nu binnen in de wereld van Albert Einstein. Een wereld die heel anders is dan onze dagelijkse leefwereld. De spelregels die in zijn wereld gelden, zijn anders dan de onze en daar zal je intuïtie zich tegen verzetten. Uiteindelijk zul je echter toch niet anders kunnen dan de conclusies van Einstein te aanvaarden, want tot op heden zijn er in de macrokosmos geen natuurkundige verschijnselen waargenomen die in strijd zijn met de Relativiteitstheorie.

“When a man sits with a pretty lady for an hour, it seems like a minute. But let him sit on a hot stove for a minute, it’s longer than an hour. That’s relativity!”

Albert Einstein

De Speciale Relativiteitstheorie

Het eerste postulaat van Einstein luidt:

Er bestaan alleen maar relatieve snelheden, behalve de snelheid van het licht.

Einstein bedoelt hiermee dat de snelheid van een object alleen bepaald kan worden in relatie tot een ander object dat óf met een constante (eenparige) snelheid beweegt, óf in rust is.

Lang voordat Einstein in 1905 de Speciale Relativiteitstheorie publiceerde, was het fenomeen van relatieve snelheden al bekend. En het is al helemaal niet nodig om dit met hoge snelheden (in de buurt van de lichtsnelheid) te illustreren. De meeste treinreizigers hebben 'relatieve snelheden' aan den lijve ervaren, zoals beschreven wordt in de volgende praktijk-situatie.

Stel, je zit in een trein die met een constante snelheid van 100 km/uur over de rails rijdt. Stel ook, dat er langs de spoorlijn geen objecten staan zoals bomen, huizen en dergelijke. Dit is belangrijk, omdat je aan de hand van deze objecten zou kunnen zien of de trein al dan niet beweegt ten opzichte van de aarde. Stel verder dat de trein geen enkel geluid produceert.

We beginnen. Je zit comfortabel in je stoel en je wordt niet naar voren geduwd (de trein remt af) of niet naar achteren in je stoel gedrukt (de trein trekt op), met andere woorden: de trein rijdt met een constante (eenparige) snelheid van 100 km/uur. Als je naar buiten kijkt heb je geen idee hoe snel de trein gaat, want buiten is niets te zien. Voor jouw gevoel kan de trein ook stilstaan.

Op een gegeven moment wordt jouw trein op het parallel-spoor ingehaald door een snelheidstrein (TGV) die eenparig 150 km/uur rijdt. Je zit nog steeds naar buiten te kijken en je ziet de TGV (ook geluidloos) langskomen met 50 km/uur relatief ten opzichte van de snelheid van jouw eigen trein, terwijl je het gevoel hebt dat jouw eigen trein **stilstaat**.

Iemand die in de TGV zit, ervaart iets anders wanneer hij naar de gewone trein kijkt. Voor die persoon komt die gewone trein namelijk voorbij met 50 km/uur, maar dan in de **tegenovergestelde** richting!

Iemand die bij een overweg staat te wachten, ziet de gewone trein met 100 km/uur rijden en de TGV met 150km/uur, terwijl die TGV de gewone trein aan het inhalen is.

Een astronaut, die met zijn raket inmiddels een zodanige hoogte heeft bereikt, dat hij de rotatie van de aarde kan waarnemen, kijkt door zijn verrekijker en ziet weer iets geheel anders. Stel voor het gemak dat de spoorlijn precies over de evenaar loopt en dat beide treinen, de gewone en de TGV, rijden in de draairichting van de aarde.

De omloopsnelheid van de aarde is ter plekke 40.000 km per 24 uur, zijnde 1.667 km/uur.

Dit betekent dat de astronaut de gewone trein ziet rijden met een snelheid van 1.767 km/uur en de TGV met 1.817 km/uur.

Vanuit het gezichtspunt van de astronaut halen beide treinen elkaar slechts langzaam in!

Vier personen hebben derhalve vier totaal verschillende percepties met betrekking tot één en dezelfde gebeurtenis.

Dit is precies wat er gebeurt bij hoge snelheden volgens de Speciale Relativiteitstheorie, maar dan nog veel raadselachtiger. *Be prepared!*

Het tweede postulaat van Einstein luidt:

De snelheid van het licht is absoluut en voor iedere waarnemer hetzelfde, of deze nu in rust is of zich met een constante snelheid voortbeweegt.

Newton

$C+V$ 

Einstein

~~$C+V$~~

Figuur 16. Verschil in sommatie van snelheden tussen Newton en Einstein (c =lichtsnelheid, v =elke willekeurige snelheid).

In het Newton-model (zie Appendix 1) kon men te allen tijde de snelheden van objecten die in dezelfde richting bewogen bij elkaar optellen. Einstein zegt nu dat dit niet meer kan, zodra de som der snelheden de lichtsnelheid 'c' overschrijdt ('c' staat voor 'celeritas', Latijn voor snelheid).

De lichtsnelheid 'c' bedraagt circa 300.000 km/sec. Dit betekent dat het licht (in vacuüm) in één seconde ruim zeven keer rond de aarde gaat ter hoogte van de evenaar.

Omdat het licht altijd tijd nodig heeft om van A naar B te komen, bestaan er daarom, vanuit de positie van de waarnemer, geen gelijktijdige gebeurtenissen.

Voorbeeld: als men de zon in zee ziet zakken, is deze in werkelijkheid al ongeveer acht minuten onder de horizon verdwenen (licht moet namelijk de afstand van de zon tot de aarde, te weten ongeveer 150 miljoen km, met een snelheid van 300.000 km/sec overbruggen).

Maar er gebeurt iets bijzonders met de tijd bij hoge snelheden. Dit gaan we illustreren aan de hand van het volgende experiment, uitgevoerd door Albert Einstein en de Belgische astrofysicus Georges Lemaître (1894-1966), de ontdekker van de *Big Bang*.

Lemaître staat in zijn kloostertuin en ziet een raket voorbijkomen met een gigantische (constante) snelheid. Zowel Lemaître (op de aarde) als Einstein (de bestuurder van de raket) hebben een lichtklok (zie figuur 17) bij zich, die als volgt werkt: tussen twee spiegels A en B gaat een lichtstraal heen en weer. De lichtstraal vertrekt van spiegel A, wordt teruggekaatst door spiegel B en zodra deze weer terugkomt bij spiegel A gaat de klok één tik verder.

Kijk goed naar deze tekening, want hierin zit de crux van de Speciale Relativiteitstheorie.



Figuur 17. Experiment Einstein-Lemaître.

In de klok van Lemaître keert de lichtstraal in hetzelfde punt terug als van waaruit deze vertrok.

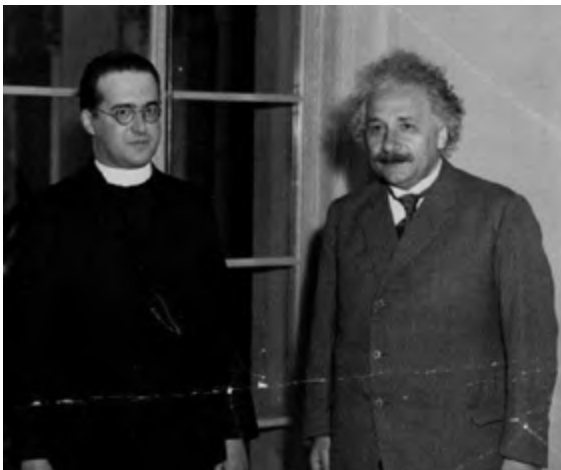
In de klok van Einstein gebeurt er echter iets anders! Terwijl de lichtstraal onderweg is naar spiegel B, legt de raket een bepaalde afstand af en daarom komt de lichtstraal niet loodrecht onder zijn vertrekpunt op spiegel B terecht.

Conclusie:

- 1 Voor Lemaître verandert de tijd niet.
- 2 Voor Einstein gaat de tijd trager.

Immers, het licht moet in de klok van Einstein een grotere afstand afleggen dan in de klok van Lemaître.

Aangezien de lichtsnelheid in beide klokken identiek is, kan het niet anders dan dat de klok van Einstein langzamer moet lopen dan de klok van Lemaître!



Figuur 18. Ontmoeting tussen Einstein en Lemaître in 1933.

Einstein kan zich ook voorstellen dat de raket zelf stilstaat en dat de aarde onder hem zich met grote snelheid rechtlijnig voortbeweegt. Volgens het relativiteitsprincipe zijn de

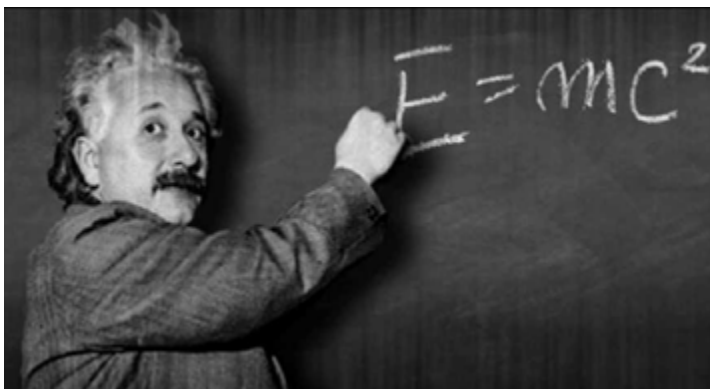
uitkomsten dan hetzelfde, met dien verstande dat de tijd voor hem niet verandert, maar dat de tijd voor Lemaître trager gaat.

Meer in zijn algemeenheid: het relativiteitsprincipe houdt in dat het geen verschil uitmaakt of een waarnemer in rust is of zich met een constante snelheid rechtlijnig voortbeweegt, de natuurwetten blijven intact.

De exacte vertraging, tijddilatatie genoemd, laat zich gemakkelijk berekenen met behulp van de stelling van Pythagoras, maar dat slaan wij hier over.

Met een soortgelijke redenering kan bewezen worden dat de lengte van de raket bij hoge snelheden (in de buurt van de lichtsnelheid) kleiner wordt. Dit wordt lengtecontractie genoemd, maar wij laten de uitleg hiervan achterwege omdat dit effect niet relevant is voor ons verhaal.

*De Speciale Relativiteitstheorie in één zin:
bij hoge snelheden gaat de tijd trager en
worden lengtes korter.*



Drie maanden na de publicatie van de Speciale Relativiteits-theorie kwam Einstein met een nieuw artikel, getiteld *Is de traagheid van een lichaam afhankelijk van zijn energie-inhoud?*, hetgeen volgens hem een logisch vervolg was op zijn vorige publicatie. Het antwoord op die vraag was bevestigend, aldus Einstein, wat overigens volledig in ging tegen de algemene opinie van die tijd.

$$E=mc^2$$

De 'E' in de formule $E=mc^2$ staat voor 'energie', het vermogen om in een bepaalde tijd een bepaalde hoeveelheid arbeid te verrichten. De 'm' staat voor 'massa', de hoeveelheid materie in een object.

De term 'traagheid' in het artikel van Einstein duidt op de traagheid van massa. Hoe groter de massatraagheid van een lichaam, des te meer energie ervoor nodig is om een lichaam van snelheid te doen veranderen.

De 'c' staat voor de lichtsnelheid (c.a. 300.000 km/sec).

Het voert hier te ver om de afleiding van de formule uit de doeken te doen, maar ik wil wel de achterliggende gedachte toelichten.

De formule geeft aan dat energie en massa gelijkwaardig zijn. Het zijn twee kanten van dezelfde medaille. Massa kan worden omgezet in energie en energie kan worden omgezet in massa.

*Energie is 'bevrijde' massa,
massa is 'gestolde' energie.*

Omdat c^2 een enorm groot getal is, kan een kleine hoeveelheid massa worden omgezet in een gigantische hoeveelheid energie. Op atomair niveau werkt dit als volgt: de protonen en neutronen in de atoomkern hebben minder energie-inhoud, dus minder massa, dan wanneer zij los van elkaar zouden bestaan. Het verschil in energie is nodig om deze deeltjes bij elkaar te houden, de zogeheten sterke kernkracht, de sterkste van de 'vier fundamentele krachten', welke circa 100 keer sterker is dan de elektromagnetische kracht.

De relatie tussen massa, energie en snelheid wordt geïllustreerd aan de hand van het volgende voorbeeld. Stel je een raket voor die steeds harder gaat vliegen, tot ongeveer de lichtsnelheid. Om deze raket alsmaar te versnellen is steeds meer energie nodig, omdat de raket steeds meer massa draagt. Tegen de tijd dat de raket de lichtsnelheid bereikt is de massa oneindig, en is er dus oneindig veel energie nodig om de lichtsnelheid te evenaren. Dit leidt tot de volgende conclusie:

Geen enkel object kan zich sneller voortbeweġen dan het licht.

De Algemene Relativiteitstheorie

Het speciale aan de Speciale Relativiteitstheorie is dat alle bewegingen éénparig zijn. In de Algemene Relativiteitstheorie wordt dat anders. Hier komt de versnelling om de hoek kijken. Volgens de klassieke mechanica van Newton (zie Appendix 1) wordt een versnelling veroorzaakt door een kracht op het betreffende object uit te oefenen. In de Algemene Relativiteitstheorie van Einstein is dit de kracht die veroorzaakt wordt door de massa van hemellichamen zoals sterren, planeten en zwarte gaten: de zwaartekracht.

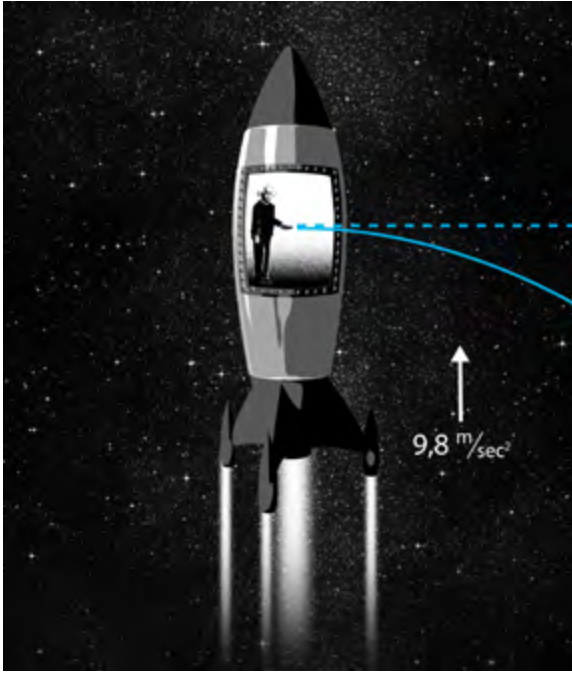
Einstein had een enorme verbeeldingskracht, en als zodanig hield hij van gedachte-experimenten. Het verhaal gaat dat hij ergens op een dag in 1907 vanuit zijn venster in het octrooibureau in Bern bij het tegenover liggende gebouw een glazenwasser aan het werk zag. En hij begon te fantaseren. Stel dat de glazenwasser van de ladder zou vallen en hij raakt in een vrije val, voelt hij dan zijn gewicht? Nee, stelde Einstein, want hij is gewichtloos. Deze gedachte bracht hem op het idee van de zwaartekrachttheorie. Later zei Einstein dat dit zijn gelukkigste gedachte uit zijn leven was geweest.

Einstein beeldde zich in dat hij zich aan boord van een raket bevond die met een versnelling van $9,8 \text{ m/sec}^2$ (identiek aan de versnelling van de zwaartekracht op aarde) verticaal voortbewoog in de lege ruimte, ver van de aarde (zie figuur 19). Hij kwam al snel tot de conclusie dat het onmogelijk was een onderscheid te maken tussen de gewaarwording van de zwaartekracht op aarde en de gewaarwording van de versnelling van de raket in de lege ruimte en hij noemde dit het 'equivalentieprincipe'.

*Equivalentieprincipe:
zwaartekracht = versnelling!*

Vervolgens vroeg hij zich af wat er zou gebeuren met een lichtstraal (blauw), die op de wand tegenover hem geprojecteerd werd, en hij beredeneerde dat die lichtstraal gekromd naar beneden zou moeten lopen vanwege het feit dat, terwijl de lichtstraal op weg was naar de wand, de versnellende raket naar boven bewoog (in een eenparig bewegende raket zou de lichtstraal in een rechte lijn (blauwe stippellijn) naar de wand zijn gegaan).

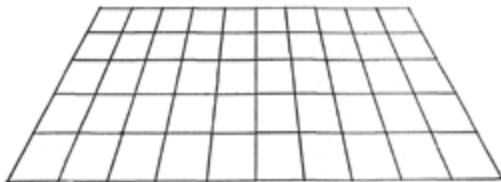
Kijk goed naar deze tekening, want hierin zit de crux van de Algemene Relativiteitstheorie!



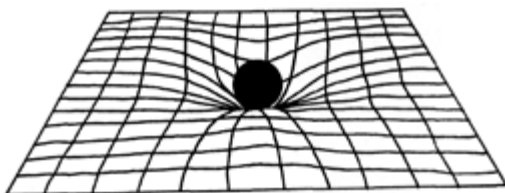
Figuur 19. Gedachte-experiment Einstein.

Vanwege het equivalentieprincipe zou deze afbuiging van het licht ook op aarde moeten plaatsvinden. Maar waarom werd het licht afgebogen en bewoog het niet in een rechte lijn? Ook hier kwam het genie Einstein met het juiste antwoord: misschien is die kromming wel de kortste weg, net zoals de kortste weg tussen bijvoorbeeld Amsterdam en New York gekromd is (dit noemt men een 'geodeet'). Misschien is de ruimte zelf gekromd.

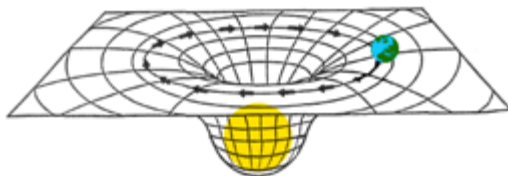
Dit kan visueel als volgt worden voorgesteld:



Figuur 20. Lege ruimte-tijd (geén invloed van massa of energie).



Figuur 21. Hemellichaam veroorzaakt kromming in de ruimte-tijd.



Figuur 22. Zon met aarde in een cirkelvormige baan.

De conclusie van Einstein was dat de theorie van de zwaartekracht zoals Newton die bedacht had, niet klopte. Er is geen kracht op afstand tussen twee hemellichamen. De kromming van de ruimte bepaalt hoe hemellichamen zich bewegen:

Hemellichamen bewegen zich in principe rechtlijnig voort, maar volgen de kromming van ruimte-tijd.

Aangezien licht in de buurt van hemellichamen afbuigt en zich niet in een rechte lijn voortbeweegt, betekent dit dat licht een langere weg moet afleggen en derhalve wordt de tijd in de buurt van hemellichamen vertraagd (net als bij het Einstein-Lemaître experiment). Hoe groter de massa, des te groter de kromming. Hoe groter de kromming, des te groter de tijdvertraging als gevolg van de zwaartekracht (gravitationele tijddilatatie). In een zwart gat is de gravitationele tijddilatatie oneindig: de tijd staat stil!

De trampoline-figuren hiervoor zijn een versimpeling van de werkelijke situatie, want die bestaat namelijk uit drie ruimtedimensies en één tijdsdimensie, derhalve een vierdimensionale ruimte.

In de Algemene Relativiteitstheorie kun je ruimte en tijd niet los van elkaar zien, maar het is moeilijk om je daar een voorstelling van te maken, vandaar een nadere toelichting. Je zou je wellicht wel kunnen voorstellen dat zich op ieder punt in de ruimte een klok bevindt. Hoe gekromder de ruimte, des te langzamer loopt de klok ter plekke. In de lege ruimte, zonder de invloed van materie of energie, tikt de klok op zijn snelst. In een zwart gat staat de tijd stil en tikt de klok niet meer. Stel je voor dat de mensheid op de maan zou leven. Omdat de massa van de maan een stuk kleiner is dan de massa van de aarde, is de ruimte-tijd op de maan minder gekromd. Daarom loopt de tijd op de maan sneller dan op aarde. Dit betekent dat de gemiddelde mens op de maan sneller zou verouderen dan hier op aarde.

Ander voorbeeld: waar word je sneller oud, op de hoogste etage van een flatgebouw of op de begane grond? Wanneer je met de lift van de bovenste etage naar beneden gaat, kom je steeds dichterbij de buurt van de massa van de aarde. Dit betekent dat de ruimte-tijd op de begane grond meer gekromd zal zijn dan

de ruimte-tijd op de bovenste etage. Daarom gaat de tijd op de bovenste etage sneller en zul je daar sneller oud worden.

Resumerend:

*Hoe groter de massa van een hemellichaam
des te groter de kromming van ruimte-tijd
des te langer de weg van het licht
des te traager de tijd.*

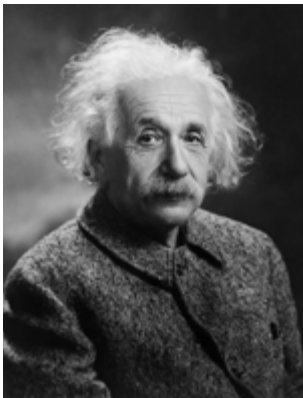
De wiskunde die op het vierdimensionale ruimte-tijd coördinatenstelsel betrekking had, was zo ingewikkeld dat Einstein, met de hulp van zijn toenmalige studievriend, de Hongaars-Zwitserse wiskundige Marcel Grossman (1878-1936), pas acht jaar later zijn Algemene Relativiteitstheorie kon publiceren. Kort daarna werden de voorspellingen van zijn theorie in enkele experimenten bevestigd.

De Amerikaanse natuurkundige John Wheeler (1911-2008), de bedenker van de term 'zwart gat', vatte de Algemene Relativiteitstheorie in één zin samen:

*Space-time tells matter how to move,
and matter tells space-time how to curve.*

De wetten van Einstein vervangen weliswaar de wetten van Newton, maar op aarde worden bij het maken van mechanische berekeningen nog steeds de wetten van Newton toegepast. De afwijkingen hier op aarde zijn namelijk te gering om daar rekening mee te houden. Als voorbeeld: de Burj Khalifa in Dubai, 829 meter hoog, staat er nog steeds. Een natuurkundige theorie hoeft theoretisch niet 100 procent perfect te zijn om toegepast te kunnen worden.

Dit is wél het geval met het GPS-systeem. De zwaartekracht ter hoogte van de satellieten is veel lager dan hier op aarde. Daarnaast bewegen de satellieten zich met een behoorlijke snelheid voort ten opzichte van de aarde. De GPS- berekeningen worden voor deze twee factoren aangepast met de formules van de Algemene Relativiteitstheorie van Einstein. Had men een en ander volgens het Newton-model berekend, dan waren de afwijkingen veel te groot geweest en had een GPS-systeem voor automatisch rijdende auto's nooit kunnen bestaan!



Albert Einstein (1879-1955)

Albert Einstein wordt beschouwd als de meest invloedrijke natuurkundige van de twintigste eeuw. Als vijfjarige was hij al geïnteresseerd in het feit dat een kompasnaald altijd naar het noorden wijst. Als tiener schreef hij zijn eerste belangrijke paper: *Het Onderzoek naar de Staat van Ether in Magnetische Velden*.

Na de afronding van zijn universitaire studie natuurkunde aan het Federaal Polytechnisch Instituut in Zürich kon Einstein maar moeilijk werk vinden, en accepteerde hij een baantje als klerk in het patentbureau in Bern. In die tijd ontwikkelde hij zijn Speciale Relativiteitstheorie die in 1905 werd gepubliceerd. In datzelfde jaar bedacht hij ook zijn bekende formule $E=mc^2$ en publiceerde hij een artikel waarin hij het begrip 'energiekwantum' lanceerde ter verklaring van het foto-elektrisch effect, hetgeen later de aanzet vormde voor de kwantummechanica. Dit werd zijn 'gloriejaar' waarin hij op slag wereldberoemd werd.

Voor het grote publiek is Einstein wellicht het meest bekend door zijn formule $E=mc^2$ die de opstap was naar de ontwikkeling van atoomenergie en de atoombom. Ondanks het feit dat hij aan de wieg stond van de atoombom, was hij een overtuigd pacifist. Eigenlijk was Einstein wars van iedere vorm van autoriteit, getuige zijn uitspraak: “*Unthinking respect for authority is the greatest enemy of truth*”.

In 1933 vluchtte Einstein voor de nazi's naar Amerika en ging werken voor het befaamde *Institute for Advanced Study* in Princeton, New Jersey, en wijdde de rest van zijn leven aan de unificatie van zijn Relativiteitstheorie en het elektromagnetisme. Einstein was een briljante, creatieve denker, maar niet de briljantste wiskundige, en hij is er niet in geslaagd om beide theorieën onder één noemer te brengen.

Op 18 april 1955 werd Einstein opgenomen in het ziekenhuis met ernstige problemen aan zijn aorta, maar hij weigerde medisch ingrijpen. Hij accepteerde zijn noodlot met de woorden: “Ik wil gaan wanneer ik wil. Het is smakeloos om het leven kunstmatig te verlengen. Ik heb mijn deel gedaan, het is tijd om te gaan. Ik zal het elegant doen”. Albert Einstein stierf op 76-jarige leeftijd.

Tijdens de autopsie op zijn lichaam verwijderde de patholoog Einsteins hersenen, naar verluidt zonder de toestemming van zijn familie, om deze te gebruiken bij de doktersopleiding in de neurowetenschap.

Een van Albert Einsteins beroemdste uitspraken luidt: “*God does not play dice with the universe*”, of schertsend in de originele Duitse taal: “*Der Alte würfelt nicht*”, oftewel ‘God dobbelt niet’. Wat bedoelde Einstein met deze, vaak verkeerd begrepen uitspraak? Op de eerste plaats verwees Einstein niet naar een religieuze God. Einstein was een jood, maar hij had zijn geloof al lang afgezworen. Hij lichtte dit toe in een van zijn

brieven: “Als er iets in mij is wat je religie zou kunnen noemen, dan is het de grenzeloze bewondering voor de structuur van de wereld voor zover onze wetenschap die kan onthullen”. In die zin komt Einsteins godsbeeld het beste overeen met dat van de Nederlands-joodse filosoof Baruch Spinoza (1632-1677) getuige zijn uitspraak: “Ik geloof in de God van Spinoza, die zichzelf openbaart in de wetmatige harmonie van het heelal, en niet in een God die zich bemoeit met het lot en de handelingen van de mensen”.

Met “*Der Alte würfelt nicht*” refereert Einstein naar de nieuwe werkelijkheid van de kwantummechanica die niet overeenkwam met zijn harmonieus wereldbeeld. In 1926 schrijft hij aan zijn vriend Max Born: “De kwantummechanica is zeer ontzagwekkend. Maar een innerlijke stem zegt mij dat het nog niet de ware Jacob is. De theorie levert veel op, maar brengt ons nauwelijks dichter bij het geheim van *der Alte*. Ik ben er in ieder geval van overtuigd dat Hij niet dobbelt”.

Terwijl zowel Newtons theorie als zijn eigen Relativiteitstheorie deterministisch van aard waren, werd de kwantummechanica gekenmerkt door stochastische grootheden. In principe had Einstein geen enkel probleem met de toepassing van kansen en toeval in de natuurwetenschap, maar hij had wellicht gehoopt dat de kwantumtheorie een tussenoplossing zou zijn en dat er uiteindelijk alsnog een deterministisch model uit de bus zou rollen met relatief eenvoudige wiskundige formules, zoals hij dat gewend was. Met de kennis van nu weten we dat dit niet het geval is gebleken.

Appendix 4:

Kwantum- mechanica

Wederom moet ik je waarschuwen! De kwantummechanica is te bizar voor woorden. Meer nog dan de Relativiteitstheorie gaat de kwantummechanica volledig tegen je gevoel in. Was de Relativiteitstheorie na nadere bestudering nog enigszins te bevatten, bij de kwantummechanica is dit geenszins het geval. De gedragingen van de allerkleinste deeltjes zijn ronduit krankzinnig te noemen. Enkele voorbeelden:

- » deeltjes kunnen zich tegelijkertijd op twee of meer plaatsen bevinden (in de klassieke mechanica kunnen objecten op enig moment slechts op één plaats aanwezig zijn),
- » deeltjes gedragen zich soms als deeltjes, maar kunnen zich soms ook als golfverschijnsel voordoen (objecten hebben in de klassieke mechanica slechts één verschijningsvorm),
- » wanneer deeltjes merken dat ze worden waargenomen, gaan zij zich anders gedragen (observaties in de klassieke mechanica moeten onafhankelijk zijn van de waarnemer).

Niettemin heeft de kwantummechanica zich inmiddels volledig in de praktijk bewezen. Verschillende toepassingen zoals transistoren en geïntegreerde schakelingen die gebruikt worden in computers en televisies, zijn mogelijk gemaakt dankzij de kwantummechanica.

Om je hersenen niet al te zeer te pijnigen is het wellicht verstandig om de kwantummechanica op te vatten als een gedachte-experiment, want snappen zul je het toch niet. Een goede metafoor om de kwantummechanica inzichtelijk te maken is tot op heden nog niet gevonden. Hoe dan ook, wij dienen ons aan te passen aan de wetten van de natuur en niet andersom. Wen er maar aan, dit is de nieuwe werkelijkheid!

Ik wil beginnen met een korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis van de kwantummechanica. Vervolgens komen de belangrijkste karakteristieke eigenschappen aan de orde, en ten slotte ga ik in op het probleem om een kwantumtheorie op te stellen van de zwaartekracht.

De kwantummechanica is niet het werk van één persoon, maar kent diverse grondleggers. In 1927 kwamen 28 mannen en één vrouw bijeen voor de vijfde Solvay-conferentie in Brussel (figuur 23). Ernest Solvay, die deze conferentiereeks financierde, was een Belgische industrieel met grote belangstelling voor fysica en chemie. Albert Einstein was in die tijd al een beroemdheid en is centraal op de foto geposteerd.

De kwantummechanica is in feite ontstaan uit een poging om materie en licht onder één noemer te brengen. Rond 1900 was het de Duitse fysicus Max Planck (1858-1947) die de klassieke mechanica van Newton verwierp, nadat hij tot de bevinding was gekomen dat energie geen continuüm is zoals stromend water, maar wordt uitgestraald in de vorm van kleine, discrete

pakketjes, quanta genaamd (het enkelvoud 'quantum' betekent 'hoeveelheid' in het Latijn).

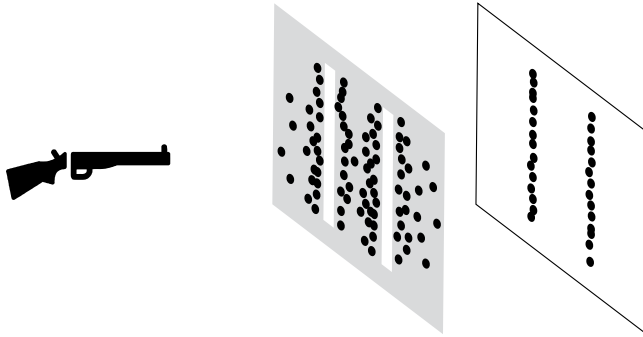


Figuur 23. Alle grondleggers van de kwantummechanica waren bij deze conferentie aanwezig

In tegenstelling tot de opvatting van fysici in die tijd, dat licht een golfverschijnsel was, stelde Alfred Einstein in 1905 voor om licht te beschouwen als een stroom van energie-quanta (later 'fotonen' genoemd). Beïnvloed door Einstein introduceerde de Franse natuurkundige Louis de Broglie (1892-1987) in 1924 het lumineuze idee dat materie-deeltjes (zoals elektronen) naast deeltjeseigenschappen ook golfeigenschappen kunnen vertonen, het zogeheten de zogeheten golf-deeltje dualiteit. Dit kan inzichtelijk worden gemaakt met volgende spleten-experimenten.

Experiment 1

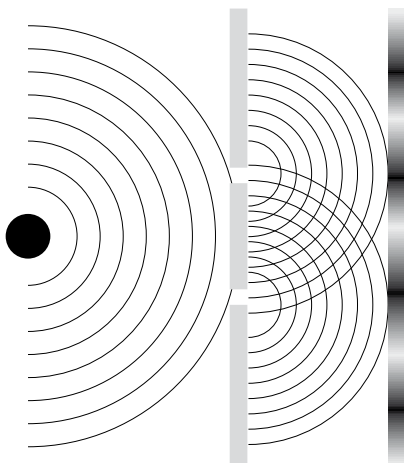
We gaan met een jachtgeweer hagel schieten op een scherm waarin twee verticale spleten zijn aangebracht (figuur 24). De hagel die de spleten passeert, slaat in op een tweede scherm dat daarachter staat. Zoals verwacht ontstaan er twee verticale lijnen met inslagpunten.



Figuur 24. Experiment 1.

Experiment 2

Vervolgens doen we iets soortgelijks met watergolven in een bak met water (figuur 25). Wanneer we op de plaats van de zwarte stip een steen in het water laten vallen, zullen de watergolven zich verplaatsen door de twee verticale spleten in het eerste scherm. Achter dit scherm ontstaan een tweetal golffronten die daarna tegen het tweede scherm botsen, en daar een soort barcode-patroon laten zien. De diverse witte vlekken in dit zogeheten interferentiepatroon ontstaan op plaatsen waar de opgaande golf van het ene golffront geneutraliseerd wordt door de neergaande golf van het andere golffront of omgekeerd. Tot nu toe niets bijzonders, het resultaat is nog steeds volgens verwachting.



Figuur 25. Experiment 2.

Experiment 3

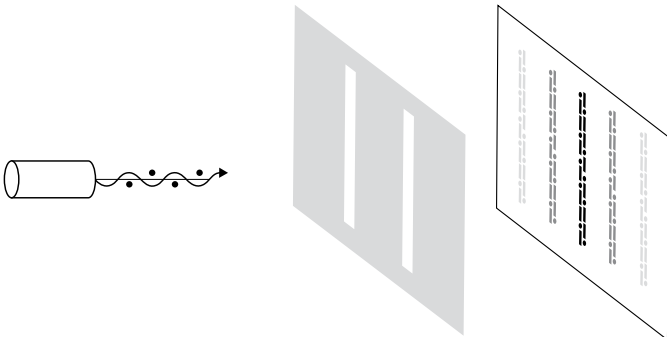
We treden nu de kwantumwereld binnen en gaan door middel van een elektronenkanon elektronen schieten op een scherm met slechts één verticale spleet (figuur 26). Op het scherm daarachter verschijnt een verticale lijn van ingeslagen elektronen, precies zoals in experiment 1. De elektronen gedragen zich, net zoals de hagel in experiment 1, kennelijk als deeltjes.



Figuur 26. Experiment 3.

Experiment 4

Wie gaan nu elektronen schieten op een scherm met twee verticale spleten (figuur 27). Je zou wellicht weer een strepenpatroon verwachten net als bij experiment 3, maar wat schetst onze verbazing: **er verschijnt een interferentiepatroon op het tweede scherm!** Kennelijk gedragen de elektronen zich nu als golven. Ook wanneer we de elektronen één voor één afschieten, ontstaat hetzelfde interferentiepatroon. Dit betekent dat een elektron tegelijkertijd door beide spleten passeert en met zichzelf interfereert!

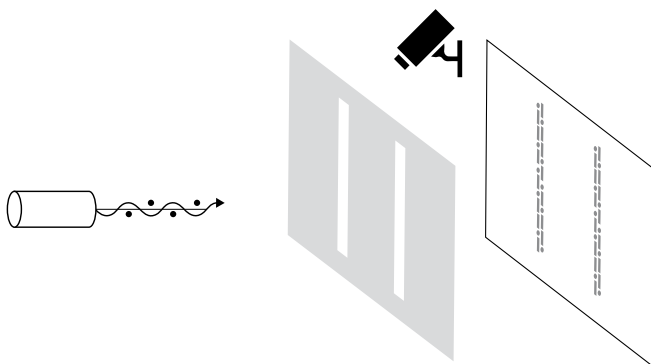


Figuur 27. Experiment 4.

Experiment 5

We gaan nu een detector plaatsen bij de spleten om te kijken door welke spleet de elektronen gaan (figuur 28). **Tot onze verbazing verschijnt er een strepenpatroon op het tweede scherm!** Géén interferentiepatroon. De elektronen gedragen zich nu kennelijk als deeltjes! Vervolgens zetten we de detector uit en op het tweede scherm verschijnt weer het bekende interferentiepatroon. Dit is bizar. De elektronen gedragen zich als golven, maar als we er naar kijken gedragen ze zich als deeltjes!

Het moge duidelijk zijn dat op deze golf-deeltje dualiteit de wetten van Newton en Einstein niet van toepassing zijn.



Figuur 28. Experiment 5.

Een ander voorbeeld:

Als je door een raam naar buiten kijkt, zie je een flauwe reflectie van je gezicht op de ruit omdat glas niet 100 procent transparant is. Dit fenomeen is makkelijk verklaarbaar vanuit de golftheorie en wel als volgt: verreweg de meeste lichtgolven passeren het glas (zodat je ziet wat er zich buiten afspeelt) en een klein gedeelte wordt teruggekaatst (zodat je een flauw beeld van je eigen gezicht ziet). Maar ... als je dit fenomeen

wilt verklaren vanuit de deeltjestheorie loop je vast. Waarom zou namelijk het ene foton door het glas heen gaan terwijl het andere foton wordt teruggekaatst? Fotonen zijn immers allemaal identiek! Het antwoord hierop is dat in de microwereld deeltjes weliswaar identiek zijn, maar dat ze niet allemaal op identieke wijze reageren. Er is namelijk een bepaalde kans x voor iedere foton om het glas te passeren en een kans $100-x$ dat het foton wordt teruggekaatst. Je kunt dus van tevoren nooit voorspellen of een specifiek foton al dan niet het glas gaat passeren. Dit kansgedrag van elementaire deeltjes is een fundamentele eigenschap van de kwantummechanica.

De Deense fysicus Niels Bohr (1885-1947) was de eerste die de structuur van atomen trachtte te beschrijven aan de hand van de kwantummechanica. In die tijd was de opvatting onder fysici dat een atoom bestond uit een positief geladen kern met een zekere massa, met daaromheen zwevend een aantal negatief geladen elektronen, een soort micro-zonnestelsel. Bohr beschreef in een publicatie in 1923 dat elektronen alleen specifieke banen rond de kern konden innemen gebaseerd op de constante van Planck. Wanneer een elektron verspringt van een hogere naar een lagere baan komt er energie vrij. Om een elektron naar een hogere baan te laten verspringen moet er energie aan worden toegevoegd.

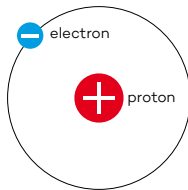
“Anyone who is not shocked by quantum mechanics has not understood it”

Niels Bohr

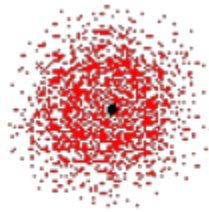
Kort hierna ontwikkelden twee fysici, de Oostenrijker Erwin Schrödinger (1887-1961) en de Duitser Werner Heisenberg (1901-1976), los van elkaar een model van het atoom waarbij een elektron een baan (orbitaal) rond de kern volgt die

beschreven wordt met een golffunctie, gebaseerd op de waarschijnlijkheidsrekening, de zogeheten Schrödinger-vergelijking. Dit model contrasteerde met het Bohr-model, waarbij een elektron een vaste baan (orbit) rond de kern volgt. In figuur 29 is een waterstofatoom afgebeeld volgens het Bohr-model en volgens het Heisenberg-Schrödinger-model.

Waterstofatoom volgens Bohr



Waterstofatoom volgens Heisenberg-Schrödinger



Figuur 29. Waterstofatoom volgens Bohr en volgens Heisenberg-Schrödinger.

Het principiële verschil tussen een orbit en een orbitaal is het volgende: een orbit is de cirkelvormige baan, die een elektron beschrijft tijdens een omwenteling rond de kern van een atoom. Men kan op ieder moment exact de plaats en snelheid van een elektron bepalen. Een orbitaal is de driedimensionale ruimte waarvan de kans significant (95 procent) is dat een elektron zich daar zou kunnen bevinden. Een orbitaal voldoet aan het Onzekerheidsprincipe van Heisenberg wat inhoudt dat je niet met zekerheid kan weten wat de exacte positie van een elektron is én waar het elektron vervolgens naartoe gaat. Met andere woorden: het is onmogelijk om tegelijkertijd de positie en de snelheid van een elektron te kennen. Het is daarom in de kwantummechanica niet mogelijk om de baan van het elektron te beschrijven. Het Onzekerheidsprincipe van Heisenberg is een wezenskenmerk van de kwantummechanica.

Een ander wezenskenmerk is de zogenaamde superpositie, de mogelijkheid dat een deeltje tegelijkertijd op twee of meer plaatsen verschijnt. Waar een deeltje zich kan bevinden, wordt bepaald door de kansverdeling van de golffunctie volgens de formule van Schrödinger. Niet-waargenomen deeltjes gedragen zich als plaatsloze golven. Maar wanneer de positie van het deeltje wordt gemeten, gebeurt er iets heel raars zoals hiervoor is geïllustreerd in experiment 5: het deeltje gedraagt zich weer als een deeltje, de golffunctie is plotseling verdwenen. In kwantumtaal heet het dat de golffunctie is ‘ingestort’ omdat de meting het deeltje als het ware dwong om een beslissing te nemen. Het deeltje bevindt zich vanaf nu voor 100 procent in de ene positie óf voor 100 procent in de andere positie, maar niet meer in superpositie.

Complexe kwantumvraagstukken kunnen alleen met een kwantumcomputer worden opgelost.

Het concept van de superpositie opent de deur naar de kwantumcomputer, een *game changer*. Een kwantumcomputer kan in één stap diverse berekeningen tegelijkertijd uitvoeren, terwijl een klassieke computer in diverse stappen slechts één berekening per keer maakt. Dit betekent dat een kwantumcomputer exponentiële rekenkracht heeft ten opzichte van de lineaire rekenkracht van de klassieke computer. Het wordt nu mogelijk om berekeningen uit te voeren die een klassieke computer in geen eeuwigheid voor elkaar krijgt. En die toepassingen zijn er in de praktijk, op de eerste plaats binnen de kwantumwereld zelf. Te denken valt hierbij aan complexe berekeningen in kwantumvelden of multidimensionale kwantumruimtes. Maar ook in de materiaalkunde en de biochemie zijn er interessante rekenproblemen die men met klassieke computers niet aan kan. Het moge duidelijk zijn dat

er vanuit diverse grote IT-bedrijven én China en Japan grote belangstelling voor de kwantumcomputer bestaat. Alleen, men verwacht dat het nog wel tien tot twintig jaar kan duren voordat deze gerealiseerd is.

Weer een ander wezenskenmerk met verre gaande toepassingsmogelijkheden is de zogenaamde ‘verstrengeling’, het verschijnsel dat paren van deeltjes aan elkaar gecorreleerd kunnen zijn. Fysici van de Technische Universiteit Delft zijn er in 2015 in geslaagd om de verstrengeling van twee deeltjes experimenteel aan te tonen over een afstand van 1,3 km. Wanneer deeltje A aan de ene kant gemanipuleerd wordt, verandert ook deeltje B aan de andere kant *instantaan*, terwijl er helemaal geen verbinding bestaat tussen beide deeltjes! In kwantumtaal: je maakt verbinding zonder dat er een verbinding bestaat. Dat betekent derhalve dat de overdracht van A naar B met een snelheid heeft plaats gevonden die groter is dan de lichtsnelheid! Als Albert Einstein zou kunnen horen van deze door hem gehate ‘spookachtige werking op afstand’, zou hij opstaan uit zijn graf en al zijn haren (en dat waren er heel wat) uit zijn hoofd trekken. Hoe dan ook, de fysici in Delft hebben door middel van deze zo genoemde ‘teleportatie’ een absoluut veilige verbinding tussen twee punten gecreëerd. En als men dit tussen twee punten kan realiseren, kan het ook tussen meerdere punten. Dit opent in principe de weg naar een hackvrij kwantuminternet.

Het probleem van de kwantumzwaartekracht

In de natuur bestaan er een viertal fundamentele krachten:

- » de zwaartekracht, een aantrekkende kracht die op alles werkt wat een zekere massa heeft
- » de elektromagnetische kracht, veroorzaakt door het magnetisch veld
- » de sterke kernkracht, die de atoomkernen bij elkaar houdt
- » de zwakke kernkracht, die radioactief verval veroorzaakt.

Tot op heden is het fysici gelukt om een kwantumbeschrijving van deze fundamentele krachten te maken, behalve van de zwaartekracht. Deze kracht valt ten opzichte van de andere drie krachten volledig uit de toon omdat het een ontzettend zwakke kracht is. Een simpel magneetje trekt bijvoorbeeld een ijzeren schroefbout aan en wint het van de zwaartekracht van die gigantische aardbol. Echter, bij de oerknalsingulariteit en bij zwarte gaten in zijn algemeen speelt de zwaartekracht een grote rol omdat hierbij een gigantische massa geconcentreerd is in een punt. De formules van de Algemene Relativiteitstheorie slaan hier echter op tilt. Om het ontstaan van het heelal op tijdstip $t=0$ te kunnen verklaren is daarom een kwantumbeschrijving van de zwaartekracht noodzakelijk. Zoals besproken in de Einstein-Appendix, is de zwaartekracht een eigenschap van de kromming van ruimte-tijd. De oplossing van het kwantumzwaartekracht-probleem zou daarom kunnen liggen in een kwantumbeschrijving van de ruimte-tijd zelf. Echter, wanneer men daar wiskundige berekeningen op los laat, blijken deze op een gegeven moment tot oneindige uitkomsten te leiden, zodat deze weg doodloopt (fysici hebben een hekel aan oneindige uitkomsten). Kennelijk is de Algemene Relativiteitstheorie niet compatibel met de kwantummechanica. Toch schuilt hierin een fundamentele paradox en wel de volgende: er is principieel geen verschil tussen de materie

van de microkosmos en die van de macrokosmos. Ook de allergrootste hemellichamen bestaan uit de allerkleinste deeltjes. En toch is er ergens in de theorievorming kortsluiting ontstaan tussen beide werelden. Niettemin is de zoektocht naar een oplossing van de kwantumzwaartekracht onverminderd doorgegaan. De meest belovende kandidaat voor een oplossing is momenteel de zogenoemde 'snaartheorie', die in de Hawking-Appendix wordt besproken.

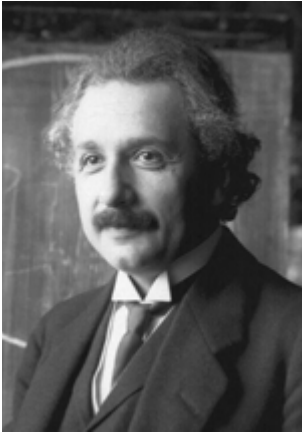
De belangrijkste grondleggers van de kwantummechanica

Het voert te ver, gezien het grote aantal contribuanten aan de ontwikkeling van de kwantummechanica, om binnen het bestek van dit boek van iedereen een beschrijving van diens theorie en persoon te geven. Daarom heb ik mij beperkt tot een korte vermelding van eenieders belangrijkste bijdrage aan de kwantummechanica.



Max Planck (1858-1947)

Max Planck was een Duitse natuurkundige. In 1900 nam hij afstand van de klassieke mechanica en lanceerde hij de theorie dat de energie van elektromagnetische golven geen continue grootheid is, maar wordt uitgestraald in de vorm van kleine discrete pakketjes (quanta). Dit was het begin van de kwantummechanica. Het beroemde Max Planck Instituut in Duitsland is naar hem vernoemd.



Albert Einstein (1879-1955)

Albert Einstein en zijn theorieën zijn uitvoerig beschreven in Appendix 3. Zijn bijdrage tot de kwantummechanica bestaat uit een wetenschappelijke publicatie (1905) waarin hij voorstelde om het licht te beschouwen als een stroom van pakketjes energie (fotonen). Voor deze *paper* over het foto-elektrisch effect ontving hij in 1921 de Nobelprijs.



Max Born (1882-1970)

Max Born was een Pools-Joodse wis- en natuurkundige. Zijn bijdrage aan de kwantummechanica bestond vooral uit zijn interpretatie van het golfkarakter van elementaire deeltjes. Hij ontdekte dat het kwadraat van de maximale golfhoogte (amplitude) een maatstaf is voor de waarschijnlijkheid een deeltje op enig moment op een bepaalde positie aan te treffen.



Niels Bohr (1885-1962)

Niels Bohr was een Deense natuurkundige en is bekend als een van de pioniers van de atoomfysica. Hij ontdekte dat elektronen alleen in specifieke banen konden bewegen die bepaald werden door de 'constante van Planck'. Zijn diepgaande opvattingen over de golf-deeltjesdualiteit werden bekend onder de term 'Kopenhaagse interpretatie'.



Erwin Schrödinger (1887-1961)

Erwin Schrödinger was een Oostenrijkse natuurkundige. Zijn bijdrage tot de kwantummechanica is de naar hem vernoemde 'Schrödingervergelijking' waarin hij de bewegingen van deeltjes beschrijft met een wiskundige formule, gebaseerd op de golfmechanica. Schrödinger was een gekend rokkenjager.

Het verhaal gaat dat hij zich, ergens in 1926, met een van zijn vele minnaressen terugtrok in een berghut in de Alpen en terugkeerde, niet met een zwangere vriendin, maar met zijn beroemde formule.



Louis de Broglie (1892-1987)

Louis de Broglie was een vooraanstaande Franse natuurkundige, afkomstig uit een voorname adellijke familie. In 1924 lanceerde hij het idee dat materiedeeltjes (zoals elektronen) ook een golfkarakter kunnen vertonen. Dit werd enkele jaren later experimenteel bevestigd en leidde tot een nieuwe tak in de fysica: de golfmechanica.



Wolfgang Pauli (1900-1958)

Wolfgang Pauli was een Oostenrijks-Amerikaanse natuurkundige. Naast diverse belangrijke bijdrages tot de kwantummechanica, is Pauli vooral bekend door het naar hem vernoemde uitsluitingsprincipe. Dit houdt in dat in een atoom twee elektronen niet tegelijkertijd in dezelfde kwantumtoestand kunnen verkeren. In 1945 kreeg hij hiervoor de Nobelprijs.



Werner Heisenberg (1901-1976)

Werner Heisenberg was een Duitse natuurkundige die vooral bekend is geworden door het naar hem vernoemde 'onzekerheidsprincipe' hetgeen inhoudt dat men nooit tegelijkertijd de positie én de snelheid van een deeltje kan weten. Hoe nauwkeuriger wij de ene waarde kennen, des te onnauwkeuriger kennen we de andere waarde.



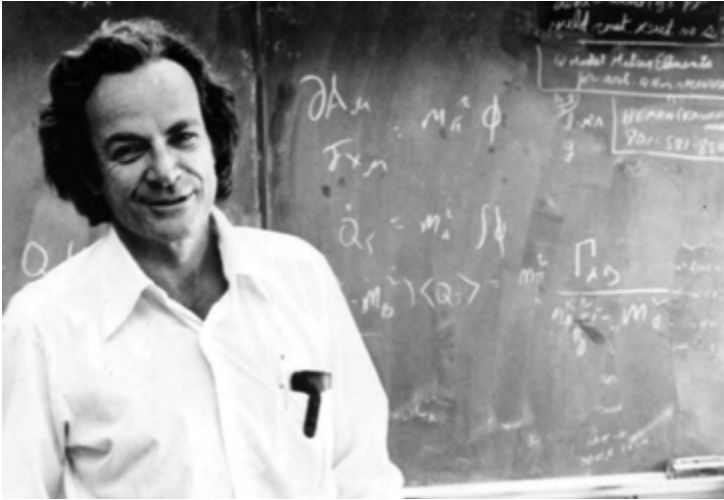
Paul Dirac (1902-1984)

Paul Dirac was een Engelse theoretisch natuurkundige en is vooral bekend geworden door de zogenaamde Dirac-vergelijking. Dit is een wiskundige formule waarin de kwantummechanica in overeenstemming wordt gebracht met de Speciale Relativiteitstheorie van Albert Einstein. Op basis van deze vergelijking voorspelde Dirac het

bestaan van de tot dan toe onbekende anti-materie. Dit werd in 1932 experimenteel bevestigd met de ontdekking van het positron, het antideeltje van het elektron.

Nog steeds verbijsterd over de bizarre wereld van de kwantummechanica? Dan ben je in goed gezelschap. Hier zijn de woorden van een van de meest geciteerde vertegenwoordigers van de kwantummechanica, de eminente en flamboyante Richard Feynman (1918-1988):

“I think I can safely say that nobody understands quantum mechanics”



Appendix 5: Stephen Hawking

Stephen Hawking werd in 1977 benoemd tot hoogleraar in de natuurkunde en hield zich de eerste jaren bezig met de theorie van wat toen heette 'door zwaartekracht ingestorte sterren' oftewel 'zwarte gaten'. Dit was in die tijd een *hot topic*. Maar voor wij verder gaan, geef ik eerst een korte uitleg over zwarte gaten.

Een zwart gat ontstaat wanneer een zware ster instort door haar eigen zwaartekracht (haar massa moet minimaal drie keer groter zijn dan de massa van de zon). Op zeker ogenblik is alle helium in de kern van de ster opgebrand en gaat de ster krimpen. In deze fase is de ster nog zichtbaar, omdat licht nog steeds kan ontsnappen. Maar na verloop van tijd wordt de kromming van ruimte-tijd (zie Appendix 3: Albert Einstein) zodanig dat licht niet meer kan ontsnappen en de ster daarom ook niet meer te zien is met een ruimtetelescoop. In deze fase wordt de waarnemingshorizon (Engels: *'event horizon'*) gevormd, de driedimensionale ruimte rond het centrum van een zwart gat, waarbinnen materie en zelfs het licht niet meer kan ontsnappen. Vergelijk dit met de Niagarawatervallen: wanneer je hierin terechtkomt is er geen weg meer terug.

Tenslotte stort de ster in waardoor de massadichtheid de ruimte-tijd kromt tot een singulariteit.

Wanneer twee sterrenstelsels op elkaar botsen, kan het zijn dat zwarte gaten samensmelten en dat zij een nieuw zwart gat vormen, dat vele miljarden zonnemassa's groot kan zijn. Deze botsingen tussen zwarte gaten zijn zo heftig dat ze vibraties veroorzaken in het weefsel van ruimte-tijd, die zwaartekrachtgolven of Einsteingolven worden genoemd. Zwaartekrachtgolven kunnen worden gemeten door middel van gevoelige spiegeltelescopen, ook al vinden die botsingen plaats op miljoenen lichtjaren afstand van de aarde. Men werkt momenteel aan de plannen voor de Einstein-telescoop, de grootste en gevoeligste telescoop ter wereld, die mogelijk op de grens tussen Nederland en België gebouwd gaat worden. Hiermee zou men dan de voorspellingen van de Algemene Relativiteitstheorie verder kunnen toetsen.

Men kan zwarte gaten beschouwen als de afvalputjes van het universum. Alles wat te dicht in de buurt komt, dat wil zeggen voorbij de waarnemingshorizon, wordt onherroepelijk verzwolgen. Meestal bevinden zwarte gaten zich in het centrum van sterrenstelsels. In april 2019 is met de (virtuele) *Event Horizon Telescope* de allereerste foto (figuur 30) van een zwart gat gemaakt, dat ongeveer 55 miljoen lichtjaar verwijderd is van de aarde. De massa van dit zwarte gat, in het centrum van sterrenstelsel M87, bedraagt 6,5 miljard keer de massa van de zon.

In mei 2022 is men er wederom in geslaagd om met diezelfde *Event Horizon Telescope* een foto te maken van een ander zwart gat dat zich bevindt in het centrum van ons eigen Melkwegstelsel. Dit zwarte gat, Sagittarius A* genaamd, is 27.000 lichtjaren van de aarde verwijderd en heeft een

massa gelijk aan 4 miljoen keer de massa van de zon. De waarnemingshorizon van Sagittarius A* heeft een diameter van 6 miljoen kilometer.

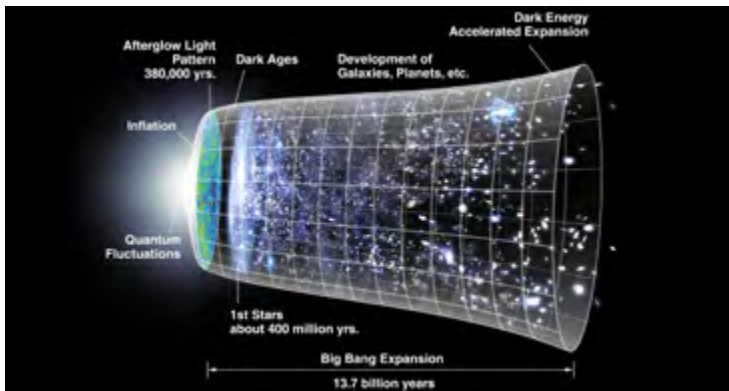


Figuur 30. De allereerste foto van een zwart gat.

In de zeventiger jaren van de vorige eeuw was de algemene opinie onder fysici dat niets uit een zwart gat kon ontsnappen, maar Hawking dacht daar anders over. Hij combineerde de Algemene Relativiteitstheorie met de kwantummechanica en kwam tot de conclusie dat er wel degelijk straling uit een zwart gat kon ontsnappen. Door kwantum-effecten in de waarnemingshorizon ontstaan er voortdurend paren van deeltjes en anti-deeltjes. Als deze weer bij elkaar komen, houdt het deeltje op te bestaan. Maar, redeneerde Hawking, het zou best eens zo kunnen zijn dat het ene deeltje naar binnen gezogen wordt, terwijl het andere deeltje kan ontsnappen in de vorm van straling. Door het uitzenden van deze zogeheten Hawking-straling gedraagt een zwart gat zich als ieder ander hemellichaam en heeft het een bepaalde entropie en

temperatuur. Als zodanig voldoet een zwart gat derhalve aan de wetten van de thermodynamica.

Toeval of niet, nadat Stephen Hawking in 1981 in het Vaticaan een conferentie over kosmologie had bezocht, ging hij zich weer interesseren in de oorsprong en het einde van het universum. In zijn toespraak voor het Vaticaan introduceerde Hawking een nieuw radicaal concept voor het ontstaan en de ontwikkeling van het universum: de *'no boundary proposal'*. Hawking: *"There ought to be something very special about the boundary conditions of the universe, and what can be more special than the condition that there is no boundary?"*. Hawking vergeleek zijn *'no boundary proposal'* voor het universum met het zuidwaarts reizen totdat je de zuidpool bereikt. Vanaf dat moment verliest de term 'zuid' zijn betekenis. Toegepast op de tijd vóór de *Big Bang* leidt diezelfde redenering tot de conclusie dat het concept van tijd dan vervalt.



Figuur 31. Het *no boundary*-model van Hawking-Hartle

Op tijdstip 't=0' van de *Big Bang* was het heelal een singulariteit en op een singulariteit mogen de formules van Einstein niet worden toegepast. Hawking kwam, samen met de Amerikaan James Hartle, tot een model van het heelal, waarvan de vorm lijkt op een badminton shuttle (zie figuur 31). Net zoals een badmintonshuttle geen beginpunt heeft (wiskundig gezien is ter plekke de diameter gelijk aan nul) en van daaruit steeds wijder wordt, zo voldoet het model van Hawking/Hartle ook aan de *no boundary* conditie en heeft dus geen beginpunt.

*De 'no boundary proposal'
kent géén oerknalsingulariteit!*

Hawking en Hartle werkten een formule uit voor de gehele *shuttle*-vorm, de zogenoemde golf functie van het heelal die het verleden, heden en toekomst als één geheel beschreef. Wellicht ten overvloede wordt vermeld dat het hier gaat om een theoretisch model dat nog niet getoetst is.

In zijn latere jaren heeft Stephen Hawking vooral gewerkt aan de unificatie van de Algemene Relativiteitstheorie en de kwantummechanica. De meest belovende kandidaat voor een oplossing is de zogenoemde snaartheorie (Engels: *string theory*). Deze theorie gaat ervan uit dat alle elementaire deeltjes in het heelal, dus ook wij zelf, geen puntdeeltjes zijn, maar micro-elastiekjes die op allerlei manieren kunnen trillen, de zogeheten 'snaren'. Als het lukt om met de snaartheorie een kwantumbeschrijving van de zwaartekracht te maken, dan komt de heilige graal van de unificatie van de 'vier fundamentele krachten' – de 'theorie van alles' – binnen handbereik. Echter, men stuit vooralsnog op allerlei problemen om ook de andere fundamentele krachten in de snaartheorie te integreren.

In de huidige versie van het snaarmodel gaat men ervan uit dat de micro-wereld uit tien dimensies bestaat, derhalve zes dimensies meer dan het ruimte-tijd model van Einstein. De laatste ontwikkeling op het gebied van de snaartheorie is, dat een vijftal bestaande types snaartheorieën geïntegreerd worden in één overkoepelende snaartheorie met nog een extra dimensie, de zogenoemde M-theorie.

Met de huidige generatie deeltjesversnellers is het evenwel niet mogelijk in deze dimensies metingen te verrichten. Zelfs als men een wiskundig consistente theorie heeft kunnen ontwikkelen, zal het nog niet mogelijk zijn om deze theorie rechtstreeks experimenteel te toetsen. En voornamelijk is deze consistente wiskundige theorie nog niet gevonden. De Amerikaanse fysicus Brian Greene (1963-heden), wereldberoemd vanwege zijn baanbrekende ontdekkingen op het gebied van de snaartheorie, is echter optimistisch: *“String theory is the most developed theory with the capacity to unite general relativity and quantum mechanics in a consistent manner. I do believe the universe is consistent, and therefore I do believe that general relativity and quantum mechanics should be put together in a manner that makes sense”*.



Stephen Hawking (1942-2018)

Als kind had Stephen Hawking al een fascinatie voor fysica en de sterrenhemel. Hij wilde in eerste instantie wiskunde gaan studeren, maar het werd uiteindelijk natuurkunde en kosmologie. In 1962, op twintigjarige leeftijd studeerde hij met lof af en ging hij promoveren in de kosmologie aan de universiteit van Cambridge.

Zijn proefschrift was getiteld *Properties of expanding universes*. In 1979 werd hij Lucasian professor in de wiskunde, een leerstoel die ook Isaac Newton bekleed had.

Op de leeftijd van 21 jaar werd bij hem de ziekte ALS geconstateerd. De doktoren voorspelden dat hij nog maar twee jaar te leven had. In eerste instantie verviel hij in een zware depressie, maar na enige tijd pakte hij de draad weer op. Kort nadat zijn ziekte geconstateerd was, viel hij een keer van een stenen trap in het universiteitsgebouw in Cambridge. Hij had zich daarbij zodanig bezeerd dat hij zich zorgen maakte dat hij hersenletsel had opgelopen en liet daarom een intelligentietest uitvoeren. Na de uitslag vernomen te hebben kon hij met een gerust hart zijn wetenschappelijke werk vervolgen. Zijn IQ bleek ergens tussen 200 en 250 te liggen. Stephen Hawking schreef vijftien boeken. Van het meest bekende *A brief history of time* zijn miljoenen exemplaren verkocht. Hij schreef zijn boeken met het doel inkomen te genereren om zijn gezin te kunnen onderhouden.

Zijn progressieve ziekte noodzaakte hem vanaf 1969 om een rolstoel te gebruiken, terwijl zijn carrière intussen een hoge vlucht had genomen. In 1974, enkele weken na de publicatie van zijn artikel over zwarte gaten, ontving Hawking de hoogste Britse academische oorkonde. Op 32-jarige leeftijd werd hij toegelaten tot de prestigieuze *Royal Society*.

In 1985, 42 jaar oud, verloor hij definitief zijn stem en had hij 24 uur per dag verpleging nodig. Een Amerikaanse programmeur had in die tijd een spraakprogramma ontwikkeld gebaseerd op hoofd- en oogbewegingen. Met dit programma kon Hawking zijn productieve werk voortzetten. In 2007 bezocht hij het *Kennedy Space Center* in Florida en maakte hij een vlucht in een gemodificeerde Boeing 727, waarin hij de gewichtloosheid kon ervaren.



Figuur 32. De gewichtloze Hawking

Stephen Hawking was bekend om zijn onconventionele uitspraken, niet alleen over zijn vakgebied maar ook over politiek, klimaat en andere bedreigingen van onze planeet. Hij trad regelmatig op in diverse televisieshows wereldwijd en speelde zichzelf in een aflevering van de televisieserie *The Big Bang Theory*. In 2014 verscheen de film *The Theory of Everything* over het leven met zijn eerste vrouw Jane Wilde. Hawking hield wel van een *practical joke*. Zo organiseerde hij eens een party waarvoor enkel tijdreizigers waren uitgenodigd. Hij stuurde de uitnodigingen pas na de party weg zodat alleen tijdreizigers de locatie op tijd hadden kunnen vinden. Natuurlijk kwam er niemand opdagen.

Geloofde Hawking in God? We laten hem zelf aan het woord: *“It’s my view that the simplest explanation is there is no God, no one created the universe, and no one directs our fate. This leads me to a profound realisation. There’s probably no heaven, and no afterlife either. We have this one life to appreciate the grand design of the universe, and for that I am extremely grateful”.*

Op 14 maart 1918 overleed Stephen Hawking aan ALS in zijn huis in Cambridge, meer dan vijftig jaar later dan zijn doktoren hadden voorspeld. Hij had, net als Albert Einstein, gehoopt dat hij tijdens zijn leven de 'theorie van alles' nog tot stand had kunnen zien komen, maar dat heeft helaas niet zo mogen zijn. De as van zijn lichaam is bijgezet in Westminster Abbey, waar ook Isaac Newton en Charles Darwin hun laatste rustplaats hebben gevonden.

Verklarende Woordenlijst

Abiogenese – Evolutionair proces waarbij levende organismen ontstaan uit eenvoudige organische verbindingen zoals bijvoorbeeld aminozuren.

Agnost – Iemand die van mening is dat je niet kunt weten of God bestaat.

Algemene Relativiteitstheorie – Beschrijving van de kromming van **ruimte-tijd** als gevolg van de aanwezigheid van **massa** of **energie**. Hemellichamen bewegen zich in principe rechtlijnig voort, maar volgen de kromming van ruimte-tijd.

Armageddon – Dag van het laatste oordeel.

Atheïst – Iemand die het bestaan van God ontkent.

Atoom (Grieks: ondeelbaar) – De structuur van alle chemische elementen, bestaande uit een kern (met **protonen** en **neutronen**) en **elektronen** die om de kern heen bewegen.

Big Bang – Zie **Oerknal**.

Constante van Planck – Factor in alle **kwantum-mechanica**-formules welke de verhouding aangeeft tussen de **energie** en de **frequentie** van een lichtquantum (foton).

Deeltjesversneller – Installatie waarin men (elementaire) deeltjes door middel van elektromagnetische velden versnelt tot nagenoeg de **lichtsnelheid** en vervolgens gecontroleerd op elkaar laat botsen. De grootste deeltjesversneller ter wereld, de Large Hadron Collider van de CERN-organisatie, is gelegen nabij Genève in Zwitserland. De ondergrondse tunnel waarin de LHC is gepositioneerd heeft een kringvormige omtrek van ca. 27 kilometer en ligt gemiddeld zo'n 100 meter onder de grond.

Donkere energie – Energie in het heelal die niet rechtstreeks kan worden waargenomen, maar verantwoordelijk is voor de uitdijning van het heelal. Naar schatting bestaat 68 procent van het heelal uit donkere energie.

Donkere materie – Materie in het heelal die niet rechtstreeks kan worden waargenomen, maar op grond van zwaartekrachtberekeningen aanwezig moet zijn. Naar schatting bestaat 85 procent van alle materie in het heelal uit donkere materie.

Eerste wet van de thermodynamica – Natuurwet die stelt dat **energie** noch uit het niets kan ontstaan, noch vernietigd kan worden. Energie kan alleen omgezet worden in een andere vorm. Deze wet staat ook bekend als de wet van behoud van energie.

Eindtijd – Dag van het laatste oordeel.

Einsteingolven – Zie **Zwaartekrachtgolven**.

Elementair deeltje – Deeltje dat niet meer in andere deeltjes opgesplitst kan worden, bijvoorbeeld **elektronen** en **quarks**.

Elektron – Negatief geladen **elementair deeltje** van een **atoom**, dat zich op afstand van de kern beweegt.

Energie – Het vermogen om arbeid te verrichten.

Entropie – Begrip uit de thermodynamica dat de mate van wanorde in een systeem beschrijft. Entropie kan in de loop der tijd alleen gelijk blijven of toenemen, maar nooit afnemen.

Equivalentiebeginsel – De notie dat er geen onderscheid gemaakt kan worden tussen **zwaartekracht** en **versnelling**.

Eukaryoten (Grieks: echte kern) – Complexe cellen bestaande uit een kern, waarin het RNA/DNA is opgeslagen, alsmede een aantal organellen (mini-organen), meestal omgeven door een membraan. De voorlopers van de eukaryoten waren de relatief eenvoudige 'prokaryoten', die geen kern hadden.

Event horizon – Zie **Waarnemingshorizon**.

Evoluтиetheorie – Natuurwetenschappelijke theorie voor de ontwikkeling van het leven en de verscheidenheid van de diverse diersoorten.

Fine tuning-argument – Motivering dat het bestaan van leven op aarde afhankelijk is van zeer precieze waardes van de kosmische constanten. Net als bij **Intelligent Design** claimen de aanhangers dat dit wijst op het bestaan van een creator.

Frequentie – Het aantal complete golfcycli (periodes) per tijdseenheid, meestal uitgedrukt in Herz (1 Herz is 1 periode per seconde).

Fysica – Natuurwetenschap in de meest brede zin.

[De geest] – In dit boek wordt hiermee het niet-stoffelijk deel van de mens bedoeld dat opstijgt naar het hiernamaals.

Geodeet – De kortste afstand tussen twee punten in de gekromde ruimte.

God – Met ‘God’ wordt in dit boek een religieuze creator bedoeld. Als in de tekst van een specifieke god sprake is, wordt dit als volgt genoteerd: God (Jaweh) in geval van het jodendom, God (Vader) in geval van het christendom en God (Allah) in geval van de islam.

Golf-deeltje dualiteit – Het verschijnsel dat een **elementair deeltje** zich als een deeltje of als een golfverschijnsel kan gedragen.

Golflengte – De afstand tussen twee opeenvolgende toppen of dalen van een golf.

Gravitatie – Zie **Zwaartekracht**.

Gravitationele tijddilatatie – De tijddilatatie die optreedt als gevolg van de kromming van **ruimte-tijd** door de aanwezigheid van **massa** of **energie**. Zie ook **Tijddilatatie in verband met beweging**.

Heelal – Synoniem voor universum of kosmos.

Hemel – Het **hiernamaals** van het jodendom en het christendom. Bij de islam spreken we van het paradijs.

Hiernamaals – Voor de joden is dit de hemel of de hel, voor de christenen is dit de hemel, de hel of het vagevuur en voor de moslims is dit het paradijs of de hel.

Intelligent Design – Beweging waarvan de aanhangers claimen dat de complexiteit van de **kosmos** en het leven alleen verklaard kan worden door het bestaan van een intelligente ontwerper en niet door de evolutietheorie.

Interferentie – De resulterende golfbeweging wanneer meerdere golven met elkaar in aanraking komen. Op sommige plekken versterken de golven elkaar, op andere plekken doven zij elkaar uit.

Kernfusie – Proces waarbij twee atoomkernen versmelten tot één zwaardere atoomkern.

Kosmische achtergrondstraling – Straling afkomstig van de extreem hete fase van de **oerknal** welke nog steeds overal in het heelal aanwezig is.

Kosmische kalender – Manier om een lange tijdspanne te projecteren op een periode van één jaar zodat deze, in voor de mens te bevatten proporties, wordt teruggebracht.

Kosmos – Synoniem voor heelal of universum. Kosmos betekent orde in het Grieks, wat staat tegenover chaos, dat wanorde betekent.

Kwantumfluctuaties – Fluctuaties van **energie** in de lege ruimte volgens het **Onzekerheidsprincipe van Heisenberg** waarbij deeltjes en anti-deeltjes uit het niets verschijnen en verdwijnen en waarbij **energie** vrijkomt volgens de formule van Einstein $E=mc^2$.

Kwantummechanica – Dat deel van de natuurwetenschap dat zich bezighoudt met de bestudering van het gedrag van de allerkleinste deeltjes.

Kwantumverstrengeling (Engels: *Entanglement*) – Het verschijnsel dat twee kwantumdeeltjes aan elkaar gecorreleerd zijn. Als het ene deeltje verandert, verandert *instantaan* het andere deeltje, ongeacht hun onderlinge afstand.

Lichtjaar – De afstand die het licht in één jaar aflegt, te weten 9,46 biljoen kilometer.

Lichtsnelheid – Snelheid van het licht; in vacuüm bedraagt deze ca. 300.000 km/sec.

Massa – De hoeveelheid materie in een object. Hoe groter de **massa**, des te groter zijn weerstand tegen **versnelling** (inertie).

Metafysica – Leer van de bovennatuurlijke verschijnselen.

M-theorie – Unificatie van vijf bekende 10-dimensionale **snaartheorieën** tot één overkoepelende 11-dimensionale snaartheorie.

Multiversum – De notie dat er naast ons universum meerdere universa bestaan.

Neutron – Niet geladen deel van de atoomkern.

De **'no boundary proposal'** – Kwantumtheorie over het ontstaan van het heelal volgens Stephen Hawking en James Hartle, waarbij de **oerknalsingulariteit** geen rol speelt.

Oerknal – Begin van het heelal, van ruimte en tijd.

Oerknalsingulariteit – De toestand (**singulariteit**) waarin het heelal verkeerde op tijdstip $t=0$ van de **oerknal**.

Onzekerheidsprincipe van Heisenberg – Het principe dat je nooit tegelijkertijd én de positie én de snelheid van een (elementair) deeltje kunt kennen. Des te nauwkeuriger je de positie kent, des te onnauwkeuriger is de kennis van de snelheid en omgekeerd.

Positron – Het positief geladen antideeltje van het **elektron**.

Proton – Positief geladen deel van de atoomkern.

Quark – Elementair deeltje waaruit **protonen** en **neutronen** bestaan.

Quantum (Latijn: hoeveelheid) – Kleinst mogelijke hoeveelheid van bijvoorbeeld materie, energie of elektrische lading.

Relativiteitsbeginsel – De notie dat alle natuurwetten gelijk zijn voor waarnemers die met een constante snelheid ten opzichte van elkaar bewegen of stilstaan.

Religie – Wanneer gesproken wordt over ‘religie’ worden in dit boek uitsluitend de drie Abrahamitische religies bedoeld, te weten het jodendom, het christendom en de islam.

Ruimte-tijd – Vierdimensionaal model waarin de drie-dimensionale ruimte en de tijd geïntegreerd zijn. Uit de **Algemene Relativiteitstheorie** volgt dat ruimte en tijd niet los van elkaar beschouwd kunnen worden.

Scholastici – De heersende kerkelijke intelligentia in de late middeleeuwen. Bekende scholastici zijn Anselmus van Canterbury en Thomas van Aquino.

Singulariteit – Een punt met een oneindig klein volume en een oneindig grote **massa**. In termen van de **Algemene Relativiteitstheorie** is ter plekke de kromming van **ruimte-tijd** oneindig, zodat de tijd ophoudt te bestaan. Dit houdt in dat de bestaande natuurwetten er niet meer geldig zijn.

Snaartheorie (Engels: *String Theory*) – Kwantum-beschrijving van golven op eendimensionale snaren. De snaartheorie is een van de kandidaten voor de ‘**theorie van alles**’.

Speciale Relativiteitstheorie – Beschrijving van de **tijddilatatie** en lengtecontractie als gevolg van eenparig bewegende objecten. Deze effecten treden in versterkte mate op naarmate de objecten de **lichtsnelheid** benaderen.

Superpositie – Het verschijnsel dat één kwantumdeeltje zich tegelijkertijd op twee of meer plaatsen kan bevinden, ongeacht hun onderlinge afstand.

Syllogistiek – Formeel logische redenering op basis van een tweetal premissen, een algemene en een specifieke, waaruit vervolgens een conclusie volgt. Deze redeneertrant werd veelal gebezigd ten tijde van Aristoteles, en heeft nog niets aan waarde ingeboet.

String theory – Zie **Snaartheorie**.

Teleportatie – Verschijnsel uit de **kwantummechanica** dat een kwantumdeeltje *instantaan* op (grote) afstand ‘verplaatst’ kan worden.

De ‘**theorie van alles**’ – Kwantumbeschrijving van een model waarin de ‘**vier fundamentele krachten**’ geïntegreerd zijn. Fysici zoeken nog steeds naar deze heilige graal.

Tijddilatatie in verband met beweging – Verschijnsel dat voor een bewegend persoon de tijd trager verloopt. Dit effect speelt pas een rol bij hoge snelheden, bijvoorbeeld in de buurt van de lichtsnelheid. Zie ook **Gravitationele tijddilatatie**.

Tweede wet van de thermodynamica – Een gesloten systeem is pas in evenwicht wanneer het zijn maximale **entropie** heeft bereikt.

Unificatie theorie – Eén kwantumtheorie van twee of meer van de '**vier fundamentele krachten**'.

Universum – Synoniem voor heelal of kosmos.

Versnelling – De mate waarin de snelheid van een object toeneemt binnen een bepaalde tijdseenheid.

De '**vier fundamentele krachten**' – Zwaartekracht, elektromagnetische kracht, sterke kernkracht en zwakke kernkracht.

Waarnemingshorizon (Engels: *event horizon*) – Het driedimensionaal gebied in het centrum van een **zwart gat**, waarbinnen materie en zelfs het licht niet meer kan ontsnappen.

Wetenschappelijke methode (in de natuurkunde) – Toetsing of de voorspelde waarnemingen van een nieuwe theorie bevestigd (confirmatie) dan wel weerlegd (falsificatie) worden.

Zwaartekracht – De aantrekkende kracht die twee lichamen op elkaar uitoefenen.

Zwaartekrachtgolven – Vibraties in het weefsel van **ruimte-tijd** door om elkaar draaiende of met elkaar botsende **zwarte gaten**.

Zwart gat – In termen van de **Algemene Relativiteits-theorie** is een zwart gat een extreme kromming van **ruimte-tijd**, met extreme tijdvertraging tot gevolg. Een zwart gat ontstaat door instorting van een grote ster tot een enorme **massa** geconcentreerd op één plek in de ruimte. Zelfs licht, dat de **waarnemingshorizon** is gepasseerd, kan niet meer ontsnappen, vandaar de term ‘zwart gat’.

