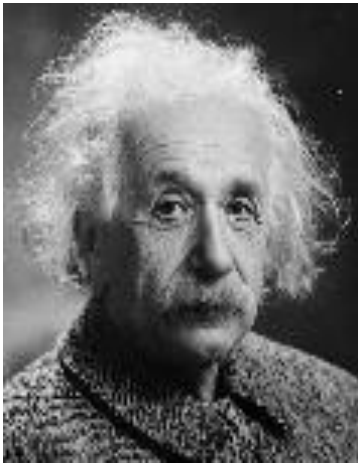


MEER UITGEBREIDE VOORBESCHOUWINGEN

Einsteins nachtmerrie: quantumfysica en kosmologie.

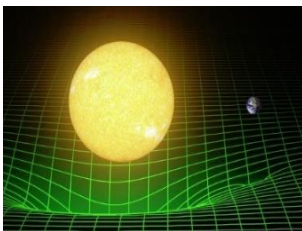


Het covid-19 coronavirus heeft nog maar eens onze uiterste kwetsbaarheid en het belang van de wetenschap aangetoond. Onze aarde heeft een beperkte houdbaarheid. We moeten op alles voorbereid zijn. Het is absoluut nodig ons universum verder te exploreren en zijn geheimen te ontfutselen. Het gevaar? Er zijn in het verleden verschillende planten, dieren en mens(achtig)en ontstaan en terug verdwenen. Het zal ooit eens de laatste keer zijn! Is dit ook het lot van ons universum?

We kunnen dit niet zomaar testen in een laboratorium. Misschien zal de volgende LHC (Large Hadron Collider) van 100 km lang rond Genève genoeg power hebben om dit na te bootsten. Er bestaan gelukkig plausibele wetenschappelijke gronden, gebaseerd op de voorspellende kracht van de wiskundige modellen, die ons een eind verder helpen. De wiskunde is de enige taal waarmee wij de natuur wetenschappelijk kunnen benaderen en zij vergist zich zelden. De Euclidische meetkunde - meer dan tweeduizend jaar oud - wordt nog steeds onderwezen. De innovatieve relativiteitstheorie van Einstein is - op een andere schaalgrootte - volledig complementair met de zwaartekrachtwetten van Newton (17e eeuw.) en met de elektromagnetische wetten van Maxwell (19e eeuw.)! Niets gaat verloren, samen genomen vormen zij de basis van alle technologische ontwikkelingen die we op heden kennen.

Maar was er wel een begin en indien wel, wat was er vóór het begin der tijden? Niets? Maar wat en waar is dit dan? Het is alsof we zouden vragen wat er achter de Noordpool ligt? En bestaat "niets" eigenlijk?

Wat betekenen Einsteins geniale gedachtenexperimenten voor ons



Hij leerde ons de SRT, de Speciale Relativiteitstheorie, waar bij zeer hoge snelheden de tijd vertraagt en waar massa en energie complementair zijn ($E = mc^2$). We kennen allemaal de "parabel" van de tweelingbroer die in de ruimte gaat en later jonger dan zijn broer terugkomt op aarde! Maar is dit wel zo?

In de algemene relativiteitstheorie (AR), leerde hij ons dat tijd en ruimte een 4-dimensionale éénheid vormen die door massa gekromd wordt en in welke mate dit gebeurt. En dat ook in de omgeving van zware massa's de tijd vertraagt, denk maar aan de broodnodige correctie in onze gps-systemen. Ook bewees hij dat we als kleine wezens het onderscheid niet kunnen voelen tussen de versnelling in een lift en de zwaartekracht, noch dat wij het verschil kunnen voelen tussen een vrije val en een verblijf in het

luchtledige. Slechts in zeer grote objecten is deze spanning van het aardse zwaarteveld voelbaar, zoals de getijdenwerking op aarde, omdat het zwaarteveld de ruimte kromt!

Er zijn reeds ontelbare wetenschappelijke tests op de relativiteitstheorie uitgevoerd, waardoor deze wetenschap aan de strengste analyses ooit is onderworpen. Eén bizarre eigenaardigheid is dat de zwaartekracht enorm veel kleiner is dan de elektromagnetische kracht, met een factor $10^{(-36)}$. Spring maar eens van de eerste verdieping naar beneden, na een heerlijk stukje vrije val word je op de grond gesmakt en tegengehouden door de elektromagnetische krachten tussen en binnen de atomen van het voetpad.

Einstein en de quantumfysica: een haat-liefde verhouding.

In de quantumfysica gaat het over de kleinste elementaire deeltjes, over radioactiviteit, halfgeleidertechnologie, kernfysica, alle soorten scans, supergeleiding, lasertechnologie... Geen enkele chemische reactie is verklaarbaar zonder quantumfysica. Het is de basis van de natuurkunde, scheikunde en biologie. Einstein had er geen al te best oog op, vooral de golf-deeltjes dualiteit ervan beviel hem niet. Elk systeem bevindt zich in een superpositie van toestanden. Begintoestand, verleden en toekomst kunnen slechts berekend worden als een verdeling van waarschijnlijkheden. Volgens de onzekerheidsprincipes van Heisenberg kan je zelfs de tijd niet exact bepalen als je de energie kent en kan je de plaats niet goed bepalen als je de impuls van het deeltje kent. Totaal in tegenspraak met de klassieke Newton-mechanica vond Einstein, die voorstander was van een deterministische natuur: een natuur met zekerheden en welbepaalde uitkomsten. Hoe kon de oorzaak van natuurkundige fenomenen worden verklaard als hun gedrag enkel kon worden uitgedrukt in termen van waarschijnlijkheid? "*God dobbelt niet*" orakelde hij! Hij zou zich vergissen!

Quantum entanglement of verstrengeling, het wordt nog erger voor Einstein

Verstrengeling van 2 *gepaarde elementaire deeltjes* betekent dat er een mysterieuze verbinding bestaat tussen deze twee deeltjes die schijnbaar onafhankelijk is van de onderlinge afstand. Als de toestand van één deeltje gemeten wordt, weet men ook onmiddellijk wat de toestand van het andere deeltje is, hoe oneindig ver zij ook van elkaar verwijderd zijn. Einstein had het hier spottend over een "*spukhafte Fernwirkung*", een "spookachtige werking op afstand". Informatietransfert kan toch niet sneller dan het licht? Dit is gekend als de EPR-paradox¹ discussie tussen hem en de quantum aanhangers. Hij was ervan overtuigd dat men nog niet alle achterliggende quantum parameters kende, de quantum theorie was nog "onvolledig", er waren nog "verborgen variabelen". Toch werd verstrengeling bevestigd door Alain Aspect, een Frans natuurkundige die in de vroege jaren 1980 de cruciale "Bell-test experimenten"² uitvoerde. Tussen 2014 en 2018 werd het bewijs van verstrengeling en superpositie definitief geleverd op laboschaal!

¹ EPR, A. **Einstein**, B. **Podolsky**, N. **Rosen** (1935). *Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*. *Physcal Review* 47: 777-780. DOI:10.1103/PhysRev.47.777.

² <https://www.youtube.com/watch?v=8UxYKN1q5sI>

Onder andere in de TU-Delft³ hebben onderzoekers van het “Institute of Nanoscience” in 2014 *teleportatie* kunnen realiseren en in 2018 quantum verstrengeling tussen twee quantum-chips kunnen genereren. Dit opent de deur om meerdere quantum-knooppunten te verbinden en het allereerste quantum-netwerk ter wereld te creëren. Zo kunnen quantum deeltjes rustig op twee plaatsen tegelijkertijd zijn en kunnen qubits - de quantum versies van de klassieke 0 of 1 van onze digitale informatie - *tegelijkertijd* nul én één zijn. *Superpositie* en *verstrengeling* zijn intussen meermaals uitvoerig bewezen. De toekomstige quantum computer is er het beste bewijs van. Einstein heeft op al deze vlakken zijn ongelijk moeten toegeven. De quantumfysica is ondertussen de basis geworden van bijna alle exacte wetenschappen.

Ook in de kosmologie misrekent Einstein zich.

De AR heeft veel onopgeloste problemen van de Newton-benadering opgelost, denk maar aan de baan van de planeet Mercurius, de buiging van het licht door massa, de in 2015 ontdekte zwaartekrachtsgolven. Zijn theorie werd ook de basis voor de berekening van de dynamiek van het universum en van zwarte gaten. Zijn eerste blunder - die hij zelf zijn ergste noemde – was zijn Newton-aanname dat het universum statisch was: het was er, is er altijd geweest en zou altijd zo blijven. We spreken over de periode 1910-1920. Hij realiseerde zich echter plots dat zijn eerste wiskundig resultaat hiermee in tegenspraak was en hij introduceerde al snel de kosmologische constante Λ (*lambda*) als tegengewicht voor de zwaartekracht. Toen bleek dat het universum expandeerde, liet hij die term in 1923 weer vallen. Deze term zou echter later terug opgepikt worden om de zwarte energie (black energy) te beschrijven.

De versnelde⁴ expansie van het universum.

In 1927 ontdekken eerst de Belgische professor priester Georges Lemaître (KUL), daarna in 1929 de Amerikaan Edwin Hubble de expansieparameter van het universum. De *roodverschuiving* of de verandering van golflengte van het licht van de zich verwijderende sterren zal ons hun snelheid, leeftijd en afstand geven. Niet alleen in het voor ons zichtbare licht tussen 380 nm (violet) en 750 nm (rood) golflengte, maar bij alle ontvangen EM-straling gaande van radiogolven, microgolfstraling, ir- tot uv-, röntgen of X- en gammastraling geeft het ons alle nodige informatie.

Einstein ontdekt als theoretische natuurkundige via de AR ook vele andere natuurkundige fenomenen waarover hij soms twijfels had. De buiging van licht door massa werd waargenomen tijdens een zonsverduistering in 1919 en was het eerste bewijs dat zijn AR klopte. *Zwaartekrachtgolven* achtte hij

³ Referentie: 01 Aug 2014, *Science*, 2 Juni 2017, *Science*, 14 juni 2018, *Nature*

⁴ **Saul Perlmutter**, Brian Schmidt en **Adam Riess** kregen zowel *The Shaw Prize in de Astronomie* in 2006 als de *Nobelprijs voor de Natuurkunde* in 2011 voor hun ontdekking in 1998 van de versnelde uitdijing van het heelal door waarnemingen van verafgelegen supernova's van het type Ia.

niet waarneembaar, maar deze werden 100 jaar later, in 1915, toch waargenomen (*Ligo-project*), met de Nobelprijs in 2017 tot gevolg. *Zwaartekrachten* achtte hij eveneens niet waarneembaar buiten het zonnestelsel. Deze werden voor het eerst waargenomen in 1979 en sindsdien zelfs vaak door de Hubble-telescoop. Dankzij de AR, de redshift en de Hubble parameter kunnen wij nu kijken tot bijna het begin der tijden, zo'n 380.000 jaar na de BigBang. De BigBang zelf - waar wij nog niet veel over weten - is onzichtbaar. De uitdijing van het heelal begon met een zeer snelle *inflatie*, vertraagde daarna en lijkt nu weer te versnellen. Dit is enkel te verklaren als er één of andere mysterieuze anti-zwaartekracht of donkere energie werkzaam is, waarover we ook nog niet veel weten. Donkere materie hebben we o.a. nodig om de snelheden van sterren in de buitenste banen van galaxies te verklaren. Nu blijkt dat deze twee onbekenden samen meer dan 95% uitmaken van het universum.

Wat waarschijnlijk vaststaat, is dat de quantumfysica aan het begin stond van het ontstaan van ons universum en dat de lege ruimte of het vacuüm niet leeg is maar vol is met quantum-fluctuaties. Dit zou kunnen leiden tot oneindig veel universa, multiversa. Ons universum zou dus niet het enige kunnen zijn! We weten er eigenlijk nog zeer weinig over, maar juist dat drijft de wetenschappers, zij hebben nog veel te ontdekken.

Het universum en Einsteins geloof in God

Einstein bevestigde in 1954 op het einde van zijn leven dat hij zeker niet gelooft in een persoonlijke "God" - zoals o.a. joden, christenen en moslims. Als er iets in hem is dat religieus genoemd kan worden, is het zijn bewondering voor de wetenschap. *"It was, of course, a lie what you read about my religious convictions, a lie which is being systematically repeated. I do not believe in a personal "God" and I have never denied this but have expressed it clearly. If something is in me which can be called religious, then it is the unbounded admiration for the structure of the world so far as our science can reveal it."*⁵

Wat even belangrijk is, vond ik in een boodschap van de heer Tamasin, uit Richmond Australië aan onze ruimteburen, die hij meegaf aan ruimtesatelliet Pioneer 10, gelanceerd in 1972: *"Message to the nearest Universe, contacting planet Gliese.581d, 20 lightyear away: ... If you come to Earth, look into: music, the beach, ice cream, hugs, family, love, dancing, cheese, trampolines, friendship, books and dreams. Just for a start..."* Meer dan dat moeten we voorlopig niet hebben!

⁵ Dit citaat komt uit een brief van Einstein van 24 Maart 1954. Het zit ook in het boek *Albert Einstein: "The Human Side"* van Helen Dukas and Banesh Hoffman, Princeton University Press.