



Stephen Hawking

Beschrijving

De bekende Britse natuurkundige en kosmoloog *Stephen Hawking* zou een paar dagen geleden (08/01/22) 80 jaar zijn geworden. Hij overleed in 2018 in zijn woonplaats *Cambridge*.

Hawking was al op vroege leeftijd aan een rolstoel gekluisterd door de spierziekte ALS, maar zijn denkvermogen en enthousiasme om ingewikkelde wetenschappelijke ideeën aan een breed publiek uit te leggen werden nooit aangetast.

De natuurkundige en kosmoloog had ondanks zijn beperkingen een tomeloze ambitie om het ontstaan van leven, planeten en zwarte gaten te verklaren. *“Mijn doel is eenvoudig”, schreef hij: “Een volledig begrip van het universum, waarom het is zoals het is en waarom het überhaupt bestaat.”*

Hawking schreef ruim tweehonderd wetenschappelijke publicaties, dertien boeken (waarvan zes als co-auteur) en vier kinderboeken over kosmologie samen met zijn dochter Lucy.

Bekenstein-Hawkingstraling

De Brit was een van de meest prominente wetenschappers in zijn gebied, regelmatig te gast in tv-shows, een media-icoon en won vele prijzen vanwege zijn ontdekkingen in de kosmologie. Hij kreeg zelfs een natuurkundig fenomeen naar zich vernoemd, de zogeheten *Hawkingstraling*.

Dat is straling die een zwart gat ten gevolge van kwantumeffecten uitzendt. Deze straling is naar hem genoemd omdat hij de theoretische onderbouwing leverde.

De straling wordt ook wel Bekenstein-Hawking straling genoemd omdat *Jacob Bekenstein* al voorspelde dat zwarte gaten een temperatuur hebben die boven het absolute nulpunt ligt en dat ze entropie hebben.

In 1975 publiceerde Hawking berekeningen waarmee hij aantoonde dat zwarte gaten door kwantumeffecten zwarte straling kunnen uitzenden. Zwarte straling is de karakteristieke warmtestraling die een ideaal voorwerp, een zogenaamd zwart lichaam, uitzendt bij een bepaalde temperatuur. Volgens Hawkings berekening stemt de straling uit een zwart gat overeen met die van een gewone zwarte straler. Als de massa van een zwart gat bekend is, volgt de bijbehorende karakteristieke temperatuur meteen: deze is omgekeerd evenredig met de massa. Ook de uitgezonden energie volgt

deze evenredigheid. Omdat energieverlies gelijkstaat aan massaverlies via de formule van *Einstein* ($E = mc^2$) wordt het gat lichter. Daardoor loopt de temperatuur op en verdampt het zwarte gat steeds sneller.

Toch is de straling uit een zwart gat van ster- of sterrenstelselgrootte verwaarloosbaar klein. Zelfs gedurende de gehele leeftijd van het heelal kan slechts een zeer kleine hoeveelheid energie op deze manier uit zo'n gat weglekken. Anderzijds zou een klein zwart gat theoretisch als energiebron kunnen dienen.

Hawkingstraling wordt in het algemeen verklaard met virtuele deeltjes. Door kwantumvacuümfluctuaties ontstaan paren van virtuele deeltjes (deeltjes met hun antideeltjes) nabij de waarnemingshorizon van het zwarte gat. Het kan zijn dat een van beide deeltjes in het gat valt, en daarbij voldoende energie opdoet om het paar reëel (niet-virtueel) te maken. Als dan het andere deeltje aan de zwaartekracht van het zwarte gat weet te ontsnappen, lijkt het van buiten af gezien, alsof het deeltje door het zwarte gat is uitgezonden. Dat deeltje neemt dan een deel van de energie van het deeltjespaar met zich mee.

De nalatenschap van Hawking is jaren na zijn dood nog steeds bepalend voor de wetenschappelijke wereld.

Zijn ongewone levensverhaal is voor velen nog steeds een bron van inspiratie. En dat verhaal is als volgt:

Oxford

Stephen William Hawking werd op 8 januari 1942 geboren in het Engelse *Oxford*. Hij was de zoon van de Engelse *Frank* en de Schotse *Isobel Hawking*. Na Stephen volgden nog twee dochters, *Philippa* en *Mary*, en een geadopteerde zoon, *Edward*. Het leven als boekenwurm werd al op vroege leeftijd met de paplepel ingegoten. De maaltijden in het intelligente, excentrieke, maar ook armoedige gezin werden vaak in stilte met een boek genuttigd.

Toen Hawking 17 jaar oud was, werd hij toegelaten tot de *Universiteit van Oxford*. Daar studeerde hij Natuurkunde.

Hawking was tijdens zijn studie geen harde werker, maar haalde door zijn intelligentie alle vakken die nodig waren om af te studeren. Tijdens zijn studie kreeg hij een relatie met *Jane Wilde*, met wie hij later zou trouwen.

ALS

In zijn laatste studiejaar werd Hawking enorm klunzig en bewoog hij vaak ongecoördineerd. De Brit viel regelmatig en begon te slissen. Op aandringen van zijn familie liet hij zich medisch onderzoeken. Op 21-jarige leeftijd werd de ongeneeslijke spierziekte ALS geconstateerd.



Stephen Hawking op 21 jarige leeftijd

Hawking kreeg van zijn artsen een levensverwachting van twee jaar. *“Mijn verwachtingen werden tot nul gereduceerd toen ik 21 jaar was. Alles wat ik sindsdien heb gedaan, is een bonus”,* onthulde Hawking in een interview met *New York Times Magazine* in 2004. *“Ik ben niet bang voor de dood, maar ik heb ook geen haast met sterven.”*

Uiteindelijk leefde hij ruim vijftig jaar langer dan de prognose die hij als 21-jarige kreeg.

“Hij is uitzonderlijk”, verklaarde *Nigel Leigh*, een hoogleraar klinische neurologie van *King’s College* in Londen. *“Ik ken niemand die al zo lang met ALS leeft. Het is niet alleen bijzonder dat hij al die tijd in leven is gebleven, maar ook dat de ziekte bij hem opgebrand lijkt te zijn. Zijn situatie lijkt stabiel te zijn, en dat is extreem zeldzaam.”*

ALS staat voor Amyotrofische Laterale Sclerose en is een progressieve ziekte. Er is geen genezing voor mogelijk en de ziekte zal steeds verder om zich heen grijpen. Wel zijn er medicijnen die de ziekte remmen. ALS zorgt er voor dat de spieren van iemand niet of niet voldoende meer werken. Soms is de ziekte erfelijk. In Nederland hebben tussen de zevenhonderdvijftig en twaalfhonderd mensen ALS. Pijn hebben mensen met ALS meestal niet en ook blijven ze geestelijk gewoon *“bij”*. Ook blijven bij de meeste mensen de zintuigen normaal functioneren zoals gehoor, smaak, gevoel en reuk. Ook darmen en blaas en de seksuele organen blijven in de meeste gevallen gewoon doorwerken. Uiteindelijk

worden alle spieren echter door de ziekte aangetast. Hoe ALS ontstaat, is nog niet bekend, daar wordt onderzoek naar gedaan.

Rijzende ster

In 1965 trouwde Hawking met *Jane Wilde*, die tijdens zijn diagnose en verval zijn steun en toeverlaat was. Met Wilde kreeg Hawking drie kinderen: zonen Robert en Timothy en dochter Lucy.

De wetenschapper werkte samen met *Roger Penrose* aan theorieën over het ontstaan van het universum. Hawking verdiende voornamelijk bekendheid door zijn onderzoek naar zwarte gaten en singulariteiten.

Een singulariteit is een punt in de ruimte met een oneindig klein volume en een oneindig grote dichtheid. Rondom zo'n punt houden tijd en ruimte praktisch op met bestaan. Reguliere natuurkunde gedraagt zich volgens andere regels rondom een singulariteit.

Hawking en Penrose publiceerden in 1970 een bewijs dat het universum ooit vanuit een singulariteit is ontstaan.

In 1966 won Hawking zijn eerste grote prijs, de *Adams Prize*. In 1974 werd hij gekozen als zogeheten *Fellow of the Royal Society*. Dat is een erkenning voor al het werk dat iemand in de natuurwetenschappen heeft verricht. Sindsdien mocht hij de titel FRS achter zijn naam voeren.

Susskind-Hawking battle

Deze battle, ook wel de *black-hole war* genoemd, is het debat tussen *Leonard Susskind* (vader van de (hadronische) snaartheorie) en Stephen Hawking over de vraag of informatie die in een zwart gat valt voor altijd is verdwenen of in de een of andere vorm blijft bestaan, zelfs als het zwarte gat na miljarden jaren verdampt is.

De strijd begon in 1981 tijdens een bijeenkomst in *San Francisco* van vooraanstaande theoretische fysici. Naast Susskind en Stephen Hawking waren ook de Nederlander *Gerard 't Hooft* en een aantal andere grote wetenschappers aanwezig. De bijeenkomst was belegd om enkele fundamentele eigenschappen van elementaire deeltjes te ontrafelen. Bij die gelegenheid stelde Stephen Hawking dat de informatie van een deeltje dat door een zwart gat wordt opgeslokt voor altijd verloren is als het zwarte gat verdampt. Susskind is het daar niet mee eens, omdat het indruist tegen een zeer fundamenteel principe: behoud van informatie. Informatie kan veranderen, vervormd worden of in kleine bits uiteenvallen, maar kan nooit verdwijnen.

The Black Hole War

In zijn boek *The Black Hole War (my battle with Stephen Hawking to make the world safe for quantum mechanics)* doet Susskind verslag van het debat. In het boek beschrijft hij wat gebeurt er bij het passeren van de waarnemingshorizon van een zwart gat.

„Dat hangt af van de positie van de waarnemer“, stelt hij. Of je bent ver buiten het zwarte gat en dan zie je de astronaut in een vuurzee die horizon passeren, of je bent de astronaut zelf, die de waarnemingshorizon probleemloos passeert op weg naar de singulariteit, het middelpunt van het

zwarte gat.

Hij illustreert dit aan de hand van een sprookje dat ruim 8 miljard jaar in de toekomst speelt. Daarin wordt ene Steve (!?), die niet in de anti-zwaartekrachtepillen van de koning gelooft, veroordeeld tot een reis naar het binnenste van een zwart gat. De koning en zijn onderdanen zien Steve aan de waarnemingshorizon in de hitte ten onder gaan. Steve zelf merkt er weinig van en passeert ongehinderd het punt vanwaar niemand kan terugkeren. Afhankelijk van de waarnemingspositie kan de gebeurtenis dus verschillend worden beschreven: de astronaut die de waarnemingshorizon passeert merkt weinig, de buitenstaander ziet dat heftige processen plaatsvinden en zeer hoge temperaturen ontstaan. Susskind noemt dit verschil in beschrijven van de gebeurtenis de black-hole-complementariteit. Het begrip complementariteit speelt ook bij *Niels Bohr* en bij het onzekerheidsprincipe van *Werner Heisenberg* een belangrijke rol. Bij het onzekerheidsprincipe van *Heisenberg* kun je of de snelheid van een deeltje meten, of zijn positie, maar niet beide. Ook licht kun je beschouwen als een golfverschijnsel $\hat{=}$ als een verzameling van deeltjes, maar niet allebei tegelijkertijd.

Hologram

Naast black-hole-complementariteit introduceert *Susskind* het begrip "holografisch principe", om te beschrijven waar de informatie in het zwarte gat zich bevindt en hoe deze is opgeslagen. Hij komt op dit idee tijdens een bezoek aan 't Hooft in Utrecht. De rand van het zwarte gat kan mathematisch beschreven worden als een hologram, waar alle informatie van dat zwarte gat in is opgeslagen. Niet alleen zwarte gaten, maar zelfs de rand van het hele universum kan als hologram worden opgevat. De hoeveelheid informatie die het kan bevatten is $\sim 10^{76}$ bit per planckoppervlakte (een planckeenheid is 10^{-35} m). Voortbordurend op een artikel van 't Hooft schrijft *Susskind* een artikel onder de titel "The World as a Hologram", waarin hij de wiskundige grondslagen van zijn idee uiteenzet.

De ontknoping van het debat begint in 1998 met een artikel van *Juan Maldacena*. Hij beschrijft hierin, met behulp van D-branen en strings de werking van gluonen. Het opmerkelijke is dat hij deze fysische verschijnselen beschrijft in een 4+1 dimensionale *Anti De Sitterruimte* (4 ruimtelijke plus 1 tijdsdimensie), terwijl de gewone kwantummechanica (kwantumchromodynamica) ze in een 3 dimensionale ruimte beschrijft zonder zwaartekracht. Het op twee manieren beschrijven van dezelfde fysische verschijnselen wordt in de natuurkunde dualiteit genoemd, zoals bijvoorbeeld het feit dat licht als golfverschijnsel of als deeltjes (fotonen) kan worden beschreven. Het bijzondere aan het artikel van Maldacena is dat dezelfde verschijnselen in een verschillend aantal dimensies beschreven kunnen worden.

Anti De Sitter ruimte

Een paar maanden na het verschijnen van het artikel van Maldacena volgt een artikel van *Edward Witten* onder de titel "Anti De Sitter Space and Holography". Hierin wordt een zwart gat in tweedimensionale wiskundige termen beschreven als de grens van een driedimensionale *Anti De Sitter Space*. De inhoud, en dus de informatie, van deze ruimte kan beschreven worden als een hologram aan de rand van die ruimte. Een zwart gat komt in feite neer op een hete soep van elementaire deeltjes, voornamelijk gluonen.

Met het verschijnen van deze artikelen kwam na ruim twintig jaar een eind aan de Black Hole War. *Susskind* schrijft in zijn boek dat *Maldacena* en *Witten* zonder enige spoor van twijfel aantonen dat informatie achter de waarnemingshorizon nooit verloren gaat. En in 2005 verscheen een artikel van Hawking waarin hij stelde dat informatie die in een zwart gat terechtkwam, *niet verdween* als het zwarte gat was verdampt.

Scheiding en tweede huwelijk

Hawking's doorbraak buiten de wetenschap bereikte hij met zijn boek *A Brief History of Time* (1988). Daarin beschrijft hij concepten zoals tijdreizen, zwarte gaten en stringtheorie. Voor die tijd waren dat baanbrekende ideeën, die ook nog eens op relatief begrijpelijk niveau werden uitgelegd.

De Brit was tijdens zijn leven een aantal keer gevaarlijk dicht bij de dood. In 1985 liep hij een longontsteking op, die zo ernstig was dat aan zijn toenmalige vrouw *Jane Wilde* werd gevraagd of zijn leven moest worden beëindigd.

Hawking wist zijn gezondheidsproblemen echter telkens te doorstaan.

Door de groeiende bekendheid van Hawking en de constante aanwezigheid van artsen en zusters kwam het huwelijk van Wilde en Hawking onder druk te staan. In 1991 besloten zij te scheiden. In 1995 trouwde Hawking met *Elaine Mason*, een van de zusters die hem tijdens zijn longontsteking verzorgde. *Mason* was daarnaast de ex-vrouw van *David Mason*, die de eerste versie van Hawkings spraakcomputer ontwierp.

Eind 2006 scheidde Hawking ook van Elaine.

Zoveel als hij over het universum wist te vertellen, zo weinig begreep hij van het andere geslacht. *“Vrouwen zijn een compleet mysterie voor mij”,* verklaarde hij in 2012 tegenover *New Scientist*.

Cultureel fenomeen

Door zijn opvallende verschijning en zijn groot gevoel voor humor was Hawking ook een cultureel fenomeen. Zijn gelijkenis was onder meer te zien in afleveringen van *The Simpsons*, *Dexter's Lab*, *Family Guy*, *Futurama* en *The Fairly OddParents*. Ook speelde hij kleine rollen in *The Big Bang Theory* en *Star Trek: The Next Generation*.

Zijn stemcomputer werd gebruikt in het nummer *Keep Talking* van Pink Floyd.

In 2014 kwam de Oscar-winnende film *The Theory of Everything* uit, waarin het vroege leven van de wetenschapper werd uitgebeeld.

Hawking was een prominente atheïst. Hij heeft altijd beweerd dat het universum zichzelf kon creëren door krachten zoals de zwaartekracht. In zijn boek *Black Holes and Baby Universes* (1993) schrijft hij: *“Ik heb gemerkt dat zelfs mensen die beweren dat alles vooraf is bepaald, en dat wij daar niets aan kunnen doen, toch eerst kijken voordat ze de weg oversteken.”*

Stephen Hawking overleed op 14 maart 2018 in zijn woonplaats *Cambridge*.



Stephen Hawking, een jaar voor zijn overlijden

Datum aangemaakt

2022/01/10