

Stephen Hawking - simplified -

Inleiding	2
Wie was Stephen Hawking?	2
Waar kwam hij vandaan?	2
Waar stond hij om bekend?	2
Wie waren zijn ouders en hoe zag het er uit op school?	3
Zijn ouders	3
Hoe hij opgroeide	3
Hoe was hij op school?	3
Oxford (1959–1962)	4
De diagnose	4
Cambridge en de ommekeer	4
Hawking privé	4
De verslechtering van zijn gezondheid	5
Scheiding en hertrouwen	5
Hawking en de humor	5
Zijn humor in het algemeen	6
De laatste jaren	6
Overlijden	6
Hobby's en politieke mening	7
Hobby's	7
Politieke uitingen	7
Hawkings werk	8
De Singulariteitsstellingen	9
De Hawking Straling	10
Het Informatieparadox	11
De Geen Grens Hypothese	12
1. Zwarte-gaten oppervlakte wet (met Brandon Carter en James Bardeen, 1973)	14
2. Twistor-theorie en kwantumzwaartekracht (algemener werk)	14
3. Zwaartekrachtsgolven en de oerknal	14
4. Zijn laatste wetenschappelijke artikel — postuum gepubliceerd	14
5. Publieke waarschuwingen als “wetenschappelijke uiting”	15
Hawkings falen	15
Hawkings invloed op ons leven vandaag	16
1. Wetenschappelijke invloed (nog steeds actief onderzoeksgebied)	16
2. Publieke wetenschapscommunicatie	16
3. Symbool voor mensen met een beperking	17
4. Waarschuwingen die actueler zijn dan ooit	17
5. Culturele iconische status	17
Zit er een nieuwe Hawking in de pipeline?	17
Roger Penrose — de meest directe wetenschappelijke opvolger	18
Juan Maldacena — de wetenschappelijke “erfgenaam” van het informatieparadox-vraagstuk	18

Inleiding

Vandaag willen we ons kleine reeks voortzetten en een verdere gigant vanuit de wetenschap voorstellen. Het zal over Stephen Hawking gaan, en over wat hij deed om de onsterfelijkheid te bereiken. Wie was die man in de rolstoel die een beetje raar keek en zo enorm slimme dingen zei. We brengen vandaag een klein weinig licht in het donker en maken jou bekend met een van de grootste breinen ooit.

Wie was Stephen Hawking?

Stephen Hawking was een Britse theoretisch natuurkundige, een van de beroemdste wetenschappers van de late 20e en vroege 21e eeuw. Hij werd geboren op 8 januari 1942 in Oxford, Engeland — toevallig precies 300 jaar na de sterfdag van Galileo Galilei, wat hij zelf later grappig vond.

Waar kwam hij vandaan?

Hij groeide op in St Albans, een stad niet ver van Londen, in een intellectueel gezin: zijn vader was medisch onderzoeker. Hawking studeerde natuurkunde aan de Universiteit van Oxford en ging daarna naar Cambridge voor zijn doctoraat in kosmologie, waar hij het grootste deel van zijn academische carrière bleef — uiteindelijk bekleedde hij daar zelfs de Lucasian Chair of Mathematics, een prestigieuze leerstoel die eerder ook door Isaac Newton werd bekleed.

Waar stond hij om bekend?

- Zijn werk over **zwarte gaten**, met name de ontdekking dat ze straling uitzenden — nu bekend als “Hawking-straling”
- Zijn onderzoek naar de oorsprong van het heelal, in combinatie van de algemene relativiteitstheorie met de kwantummechanica
- Zijn bestseller ***A Brief History of Time*** (1988), die complexe kosmologie toegankelijk maakte voor een breed publiek
- Zijn strijd met **ALS** (amyotrofische laterale sclerose), een progressieve spierziekte waarmee hij op zijn 21e werd gediagnosticeerd, en die hem grotendeels immobiel maakte — hij communiceerde het grootste deel van zijn leven via een spraakcomputer

Wie waren zijn ouders en hoe zag het er uit op school?

Het antwoord ligt eigenlijk best genuanceerd, net als bij die Einstein-mythe trouwens (die zelf ook overdreven is, Einstein was best goed op school).

Zijn ouders

Zijn vader, Frank Hawking, was een gerespecteerd medisch onderzoeker gespecialiseerd in tropische ziekten. Zijn moeder, Isobel Hawking, had economie, filosofie en politiek gestudeerd aan Oxford — vrij ongewoon voor een vrouw in die tijd. Het gezin was intellectueel maar niet rijk; ze woonden in een groot, wat rommelig en excentriek huis in St Albans, vol boeken.

Hoe hij opgroeide

Het gezin Hawking stond bekend als nogal excentriek en non-conformistisch. Tijdens etentjes werd er vaak in stilte gelezen in plaats van gesproken. Ze reisden ook in een omgebouwde Londense taxi. Stephen had twee jongere zussen en een geadopteerde broer.

Hoe was hij op school?

Hier is het interessante contrast met het Einstein-verhaal: Hawking was **niet** per se een briljante leerling in de klassieke zin. Op de St Albans School was hij een gemiddelde tot bovengemiddelde leerling — niet de beste van zijn klas, soms zelfs matig in bepaalde vakken. Hij was wél duidelijk intelligent en nieuwsgierig, maar hij haalde niet per se de hoogste cijfers. Zijn vrienden gaven hem de bijnaam “Einstein” vanwege zijn interesse in wetenschap, maar dat was eerder een grapje dan een teken dat hij een wonderkind was.

Wat hem wél kenmerkte:

- Hij was **nieuwsgierig en speels-experimenteel** — hij bouwde als tiener met vrienden ingewikkelde bordspellen en zelfs een primitieve computer van onderdelen
- Hij was **niet erg gedisciplineerd** met huiswerk; hij vond het saai om netjes te werken en verzette zich tegen “trage, methodische” studie
- Pas op de universiteit (Oxford) begon zijn talent echt te schitteren, al was hij ook daar in het begin **lui** — hij studeerde naar eigen zeggen gemiddeld maar zo’n uur per dag, omdat het vak hem te makkelijk afging

Dus in tegenstelling tot het Einstein-cliché (dat sowieso overdreven is) was Hawking geen rebelse underperformer die tegen het systeem vocht — hij was eerder een zelfverzekerde, ietwat verwend slimme jongen die niet hard hoefde te werken om mee te komen, tot de stof pittiger werd.

Oxford (1959–1962)

Hawking begon op zijn 17e natuurkunde te studeren aan Oxford — jong voor die tijd. Zoals eerder gezegd, vond hij het werk aanvankelijk weinig uitdagend. Hij werd bekend als sociaal, populair en een tikje roekeloos: hij werd lid van de roeiploeg als stuurman (cox), wat destijds populair was omdat het weinig fysieke kracht vereiste maar wel lef — stuurlieden stonden bekend als gedurfd en soms behoorlijk onverschrokken in hoe ze hun boot door nauwe doorgangen manoeuvreerden.

Zijn uiteindelijke examenresultaat op Oxford is een bekend verhaal geworden: hij zat op de grens tussen een eerste- en tweedeklas diploma. Bij het mondelinge examen dat de doorslag moest geven, vertelde hij de examinatoren naar verluidt eerlijk dat als ze hem een eerste gaven, hij naar Cambridge zou gaan; kreeg hij een tweede, dan zou hij in Oxford blijven. Hij kreeg zijn eerste klas diploma.

De diagnose

Vlak voordat hij naar Cambridge vertrok, rond zijn 21e verjaardag, begon hij last te krijgen van onhandigheid — vallen, moeite met spreken. Artsen diagnosticeerden hem met ALS (motorneuronziekte) en gaven hem destijds nog maar zo'n twee tot drie jaar te leven. Dit was een enorme klap; hij raakte tijdelijk in een depressie en overwoog zijn promotieonderzoek zelfs helemaal te staken.

Cambridge en de ommekeer

Twee dingen brachten daar verandering in:

1. Hij ontmoette **Jane Wilde**, met wie hij in 1965 trouwde. Haar steun gaf hem, naar eigen zeggen, een reden om door te gaan en zijn onderzoek serieus op te pakken.
1. Hij realiseerde zich dat zijn ziekte zijn **geest** niet aantastte — alleen zijn lichaam. Voor een theoretisch natuurkundige, wiens werk vooral in het hoofd plaatsvindt, betekende dat hij nog steeds baanbrekend werk kon doen, ook al ging de ziekte veel langzamer dan artsen hadden voorspeld.

Onder begeleiding van zijn promotor Dennis Sciama begon hij zich te richten op kosmologie — het onderzoeksgebied waarmee hij de rest van zijn carrière beroemd zou worden.

Hawking privé

Huwelijk met Jane Wilde

Stephen en Jane trouwden in 1965, kort na zijn diagnose. Ze kregen drie kinderen: Robert (1967), Lucy (1970) en Timothy (1979). Jane speelde een cruciale rol in deze jaren — ze combineerde de zorg voor een gezin met de zorg voor een man wiens ziekte langzaam voortschreed, terwijl ze ook zelf probeerde een academische carrière op te bouwen (ze promoveerde uiteindelijk in Spaanse en Portugese poëzie).

Het huwelijk was in de eerste decennia veerkrachtig, maar de druk was enorm. Naarmate Hawking's beroemdheid groeide — vooral na ***A Brief History of Time*** in 1988 — en zijn fysieke afhankelijkheid toenam, kwam er ook meer hulp aan huis: verpleegkundigen en assistenten werden een vast onderdeel van het huishouden.

De verslechtering van zijn gezondheid

In 1985 kreeg Hawking een ernstige longontsteking tijdens een bezoek aan CERN in Zwitserland. Om zijn leven te redden werd een tracheotomie uitgevoerd — een ingreep die zijn stembanden onherstelbaar beschadigde. Hij kon vanaf dat moment niet meer spreken. Dit was het moment waarop hij zijn beroemde spraakcomputer ging gebruiken: aanvankelijk bediend met een handknop, later — toen ook zijn handen te verzwakt raakten — met een sensor die bewegingen in zijn wang registreerde.

Scheiding en hertrouwen

Het huwelijk met Jane liep in de jaren tachtig stroef, mede door de enorme fysieke en emotionele belasting. Hawking kreeg een relatie met Elaine Mason, een van zijn verpleegkundigen, en Jane en Stephen scheidden in 1995. Kort daarna trouwde Hawking met Elaine. Dit tweede huwelijk was echter problematisch — er waren zorgen en geruchten (nooit volledig bewezen) over mishandeling, en het paar scheidde uiteindelijk in 2006.

Daarna kreeg Hawking weer een hechtere band met Jane en zijn kinderen. Jane schreef later een memoir over hun huwelijk, dat de basis vormde voor de film ***The Theory of Everything*** (2014), waarin Eddie Redmayne hem speelde.

Hawking en de humor

Hoe zat het met zijn humor? Ik zag trouwens ooit een één - april grap van de Bayerische Rundfunk, zo'n 25 jaar geleden, waar hij ook meedeed. Het was een televisiefilm over een bedrijf met jonge IT werkers die elke voormiddag elkaar ontmoetten in de keuken voor een koffietje door een mailtje te sturen „Koffie is klaar“. Maar een morgen als ze in de keuken arriveerden was er geen klare koffie. Die oplossing was er moet een parallel universum bestaan. Dit verhaal was heel serieus opgetrokken en er werden experts gehoord waaronder ook Steven Hawking. En wat hij vertelde was echt briljant.

En hij deed dat soort dingen echt vaker. Bijvoorbeeld, toen Zayn Malik One Direction verliet, kreeg Hawking op een lezing de vraag wat het “kosmologische effect” daarvan was, en hij antwoordde doodleuk dat er ergens een parallel universum zou kunnen bestaan waarin Zayn nog steeds in de band zit — met droge humor verpakt als serieuze wetenschap. Dat past precies bij het type grap dat de Bayerischer Rundfunk blijkbaar gebruikte: Hawking als “expert” die met een stalen gezicht een onzin-premissie wetenschappelijk onderbouwt.

Zijn humor in het algemeen

Hawking stond inderdaad bekend om een heel specifieke soort humor: droog, ondeugend, en vaak zelfspot over zijn eigen situatie. Een paar kenmerken:

- **Zelfrelativerend**: hij grapte openlijk over zijn rolstoel en zijn spraakcomputer. Hij zei ooit dat zijn Amerikaans-klinkende synthesizerstem hem eigenlijk wel beviel, ondanks zijn Britse afkomst.
- **Mischievous streak**: vrienden en collega's beschreven hem als iemand die genoot van practical jokes en het opzettelijk choqueren van mensen met onverwachte, gedurfde uitspraken.
- **Gokken en weddenschappen**: hij hield ontzettend van wetenschappelijke weddenschappen met collega's — vaak over zwarte gaten — en verloor die soms met veel teatraal plezier, waarbij hij publiekelijk toegaf dat hij ongelijk had.
- Zijn boeken en lezingen zaten vol met dat soort droge, understated Britse humor — hij nam de kosmos serieus, maar zichzelf allerminst.

Nu naar zijn laatste jaren en overlijden:

De laatste jaren

Ondanks de aanvankelijke prognose van twee tot drie jaar na zijn diagnose, leefde Hawking meer dan 50 jaar met ALS — een zeer ongebruikelijk lang verloop, dat artsen nooit helemaal konden verklaren. In zijn latere decennia was hij vrijwel volledig verlamd en communiceerde uitsluitend via zijn spraakcomputer, aangestuurd door een wangspier omdat zelfs zijn vingers niet meer bewogen.

Toch bleef hij tot het einde actief: hij publiceerde, gaf lezingen (soms hologrammatisch, zoals bij de Zayn Malik-vraag in Sydney), reisde, en zelfs ondervond hij zwaartekrachtloosheid tijdens een parabolische vlucht in 2007 — iets waar hij duidelijk van genoot.

Overlijden

Stephen Hawking overleed op 14 maart 2018, op 76-jarige leeftijd, thuis in Cambridge — toevallig op de geboortedag van Albert Einstein (14 maart) en de sterfdag zou later samenvallen met Pi Day. Zijn as werd bijgezet in Westminster Abbey, tussen de graven van Isaac Newton en Charles Darwin — een gepaste plek voor iemand die zijn hele leven in hun voetsporen had gewerkt.

Hobby's en politieke mening

Hobby's

- **Roeien/stuurmanschap:** op Oxford, zoals eerder genoemd — hij genoot van het gedurfde, wat roekeloze karakter ervan.
- **Reizen:** ondanks zijn fysieke beperkingen reisde hij enorm veel de wereld over voor lezingen en conferenties, vaak met een indrukwekkend team van verzorgers en apparatuur. Hij bezocht onder andere Antarctica en maakte een duik in een onderzeeër.
- **Zwaartekrachtloosheid ervaren:** in 2007 vloog hij mee met een speciale parabolische vlucht (de “vomit comet”) van Zero Gravity Corporation, waarbij hij voor korte momenten gewichtloos was — iets wat hij als een droom omschreef, gezien zijn decennialange immobiliteit.
- **Wedden met collega's:** dit was bijna een hobby op zich — hij sloot beroemde, publieke weddenschappen met andere natuurkundigen over uitkomsten van onopgeloste vraagstukken (vaak over zwarte gaten), meestal met een fles whisky of een tijdschriftabonnement als inzet.
- **Populaire cultuur:** hij had een uitgesproken liefde voor sciencefiction en cameo-optredens — hij speelde zichzelf in ***Star Trek: The Next Generation***, ***The Simpsons***, en ***The Big Bang Theory***, en genoot zichtbaar van dat soort publieke, speelse momenten.
- **Muziek:** hij hield van klassieke muziek, met name Wagner.

Politieke uitingen

Hawking was zeker niet terughoudend met politieke standpunten, vooral op het gebied van wetenschap, gezondheidszorg en de toekomst van de mensheid:

- **Britse National Health Service (NHS):** hij was een vurig verdediger van de NHS en zei publiekelijk dat hij zonder deze gratis gezondheidszorg waarschijnlijk niet zo lang had geleefd. Hij bekritiseerde fel de bezuinigingen en privatiseringstendenzen onder de Conservatieve regering, met name onder gezondheidsminister Jeremy Hunt.
- **Brexit:** hij was tegenstander van de Brexit en waarschuwde voor de schade die het zou toebrengen aan Britse wetenschap en onderzoekssamenwerking met Europa.
- **Klimaatverandering:** hij uitte zich herhaaldelijk zeer bezorgd, en waarschuwde zelfs dat de aarde op termijn onbewoonbaar zou kunnen worden door klimaatverandering en

overbevolking — vandaar zijn pleidooien voor ruimtekolonisatie als een soort “back-up” voor de mensheid.

- **Kunstmatige intelligentie:** hij waarschuwde meermaals dat ongecontroleerde ontwikkeling van AI een existentieel risico voor de mensheid kon vormen.

- **Israël-Palestina:** in 2013 boycotte hij een conferentie in Israël (georganiseerd door toenmalig president Shimon Peres) uit solidariteit met Palestijnse academici, wat destijds behoorlijk wat controverse veroorzaakte.

- **Trump-administratie:** hij bekritiseerde openlijk het Amerikaanse terugtrekken uit het Klimaatakkoord van Parijs onder Donald Trump.

Kortom: hij gebruikte zijn enorme publieke platform bewust om zich uit te spreken over zaken die hem na aan het hart lagen, vooral waar wetenschap en samenleving elkaar raakten.

Hawkings werk

Hawking's wetenschappelijke nalatenschap draait om een paar grote doorbraken — geen “uitvindingen” in de technische zin, maar theoretische inzichten die de kosmologie fundamenteel veranderden.

1. Singulariteitsstellingen (jaren '60, met Roger Penrose)

Zijn eerste grote werk, deels zijn proefschrift. Samen met Penrose bewees hij wiskundig dat als de algemene relativiteitstheorie klopt, het heelal moet zijn begonnen vanuit een **singulariteit** — een punt van oneindige dichtheid, wat we nu de oerknal noemen. Hij paste in feite dezelfde wiskunde toe die Penrose gebruikte voor zwarte gaten, maar dan “achterwaarts” op het hele heelal. Dit werk kreeg later (in 2020) een Nobelprijs voor Penrose — Hawking was toen al overleden en de Nobelprijs wordt niet postuum toegekend, dus hij kreeg hem niet, wat veel mensen als een gemiste erkenning beschouwen.

2. Hawking-straling (1974) — zijn beroemdste ontdekking

Dit is zijn grootste doorbraak. Tot dan toe gold: zwarte gaten zijn “zwart” — niets, zelfs licht niet, kan ontsnappen. Hawking toonde theoretisch aan dat zwarte gaten, door kwantumeffecten aan de rand van de waarnemingshorizon, eigenlijk ****straling uitzenden**** en dus geleidelijk energie en massa verliezen. Op de zeer lange termijn zouden zwarte gaten hierdoor kunnen “verdampen” en verdwijnen.

Waarom dit zo belangrijk was:

- Het combineerde voor het eerst kwantummechanica met de algemene relativiteitstheorie op een concrete, berekenbare manier
- Het bracht een diepe puzzel aan het licht: de **“black hole information paradox”** — als een zwart gat verdampt, wat gebeurt er dan met de informatie van alles wat erin viel? Gaat die voor altijd verloren (wat in strijd is met de kwantummechanica)? Dit vraagstuk houdt

natuurkundigen tot op de dag van vandaag bezig, en Hawking zelf veranderde meermaals van standpunt erover in de decennia erna.

3. De “geen-grens” hypothese (No-Boundary Proposal, 1983, met James Hartle)

Een poging om te beschrijven hoe het heelal kan zijn ontstaan zonder een scherp beginpunt (singulariteit) nodig te hebben. Het idee, sterk vereenvoudigd: als je tijd behandelt als een soort extra ruimtelijke dimensie nabij het allereerste moment, dan heeft het heelal geen rand of begin in de klassieke zin — vergelijkbaar met hoe de Noordpool geen “rand” heeft op het aardoppervlak, ook al is het een specifiek punt. Dit is complexe, speculatieve theoretische natuurkunde en blijft onderwerp van debat.

4. Populair-wetenschappelijk werk

Zijn boek ***A Brief History of Time*** (1988) bracht kosmologie — oerknal, zwarte gaten, tijd, ruimte — naar een enorm breed publiek en werd een van de best verkochte wetenschapsboeken ooit (meer dan 10 miljoen exemplaren). Latere boeken zoals ***The Universe in a Nutshell*** en ***A Briefer History of Time*** bouwden hierop voort.

Erkenning

Ondanks zijn enorme invloed won Hawking nooit de Nobelprijs — deels omdat Hawking-straling nooit direct experimenteel is waargenomen (het effect is voor “gewone” zwarte gaten extreem zwak en praktisch niet meetbaar), en de Nobelprijs vereist doorgaans experimentele bevestiging. Hij ontving wel talloze andere eerbewijzen, waaronder de Copley Medal, de Presidential Medal of Freedom, en een plek als Companion of Honour.

De Singulariteitsstellingen

Laten we het simpel houden.

Wat is een singulariteit?

Stel je voor dat je een stuk speelgoedklei steeds verder samenperst — kleiner en kleiner. Op een gegeven moment wordt het zo klein en zo dicht dat je het je bijna niet meer kunt voorstellen: alle massa zit opgepropt in een punt zonder enige grootte. Dat noemen natuurkundigen een **singulariteit**.

Het probleem waar Hawking en Penrose voor stonden

In de jaren 60 wisten wetenschappers al: als een heel zware ster instort (aan het einde van zijn leven), kan hij zo dicht in elkaar klappen dat hij een **zwart gat** vormt — met een singulariteit in het midden. Dat was op zich al een rare, moeilijk te bevatten gedachte.

Maar toen stelden Hawking en Penrose een veel gekkere vraag: **wat als hetzelfde gold voor het hele heelal, maar dan omgekeerd in de tijd?**

Hun idee: “de film achteruit afspelen”

We weten dat het heelal uitdijt — sterrenstelsels bewegen van elkaar weg, zoals stipjes op een opblazende ballon. Als je die film nu achteruit afspeelt, wordt het heelal steeds kleiner en dichter.

Penrose had knappe wiskunde bedacht om te bewijzen dat een instortende ster **moet** eindigen in een singulariteit — het kan niet anders, als de zwaartekracht sterk genoeg is. Hawking’s geniale zet was: diezelfde wiskunde omdraaien en toepassen op het hele uitdijende heelal.

Hun conclusie

Als je de film van het heelal ver genoeg terugspoelt, kom je onvermijdelijk uit bij een singulariteit — een piepklein, oneindig dicht punt waarin al het heelal ooit gepropt zat. Met andere woorden: ze bewezen wiskundig dat het heelal een echt **begin** moet hebben gehad, en dat dat begin een soort oer-singulariteit was. Dit gaf sterke wiskundige steun aan de oerknaltheorie, die daarvoor meer een idee was dan een bewezen noodzakelijkheid.

Een klein addertje (leuk om te weten)

Op zo’n singulariteit werken de normale natuurkundige wetten niet meer — tijd, ruimte, alles raakt in de war. Wetenschappers, waaronder Hawking zelf later, denken dat dit eigenlijk betekent dat er **iets ontbreekt** aan onze theorieën op dat punt — waarschijnlijk hebben we ook kwantummechanica nodig om te begrijpen wat er écht gebeurde bij het allereerste begin. Dat bracht Hawking trouwens later tot zijn “geen-grens” idee, waar we het eerder over hadden!

De Hawking Straling

Wat is een zwart gat ook alweer?

Een zwart gat is een plek in de ruimte waar de zwaartekracht zó sterk is, dat niets kan ontsnappen — zelfs licht niet. Vandaar de naam: het is helemaal zwart, want er komt geen licht uitgeschoten waarmee je het zou kunnen zien.

Tot Hawking dacht iedereen: eenmaal erin, altijd erin. Een zwart gat is als een soort kosmische stofzuiger die alleen maar groter en groter wordt en nooit iets teruggeeft.

Hawking’s gekke idee: leeg lijkt niet leeg

Hier komt een van de vreemdste dingen uit de kwantummechanica om de hoek kijken. Volgens de kwantumfysica is “leegte” (het vacuüm van de ruimte) eigenlijk niet echt leeg. Er

ontstaan constant piepkleine deeltjes-paartjes uit het niets — een deeltje en zijn “tegendeel” (antideeltje) — die bijna meteen weer tegen elkaar botsen en verdwijnen. Dit gebeurt overal in het heelal, de hele tijd, razendsnel.

Wat gebeurt er nu aan de rand van een zwart gat?

Stel je zo’n deeltjes-paartje voor dat precies ontstaat op de rand van een zwart gat — de zogeheten waarnemingshorizon (het “point of no return”).

Soms gebeurt er iets bijzonders: **één deeltje van het paar valt naar binnen het zwarte gat, en het andere ontsnapt net op tijd naar buiten**, voordat ze elkaar konden opheffen.

Vanuit de buitenkant lijkt het dan alsof het zwarte gat een deeltje heeft “uitgespuugd” — alsof het straling uitzendt. Dat noemen we nu **Hawking-straling**.

Het slimme gevolg: zwarte gaten kunnen “verdampen”

Omdat het deeltje dat naar binnen valt negatieve energie heeft (een beetje ingewikkeld, maar reken het maar zo), verliest het zwarte gat daardoor stukje bij beetje massa en energie. Heel, heel langzaam — voor een groot zwart gat zou dit letterlijk langer duren dan de huidige leeftijd van het heelal — maar het zwarte gat krimpt. Uiteindelijk, in theorie, zou het helemaal kunnen verdwijnen.

Waarom dit zo’n big deal was

Voor Hawking’s ontdekking dachten mensen: zwarte gaten zijn compleet en voor altijd “zwart” — er komt nooit iets uit. Hawking liet zien dat als je kwantummechanica meeneemt, zwarte gaten eigenlijk heel zachtjes gloeien en langzaam leeglopen. Het was voor het eerst dat iemand kwantumfysica (de wetenschap van heel kleine dingen) en zwaartekracht (de wetenschap van heel grote, zware dingen) samen liet werken in één berekening — en dat was precies het soort ding waar natuurkundigen al decennia mee worstelden.

Grappig weetje: Hawking wilde zo graag dat deze formule op zijn grafsteen kwam te staan, dat die er inderdaad op staat, in Westminster Abbey!

Het Informatieparadox

Het probleem: informatie mag niet zomaar verdwijnen

In de kwantummechanica geldt een heel streng principe: informatie kan nooit écht verloren gaan. Alles wat er ooit gebeurt — elk deeltje, elke botsing — kan in theorie altijd worden teruggerekend, als je maar genoeg details kent. Het universum “onthoudt” alles, als het ware, ook al is het voor ons onmogelijk om het terug te rekenen.

Waar wringt de schoen?

Stel je gooit een encyclopedie in een zwart gat. Volgens de klassieke natuurkunde is die informatie — alle letters, alle bladzijden — dan voor altijd verdwenen achter de waarnemingshorizon.

Maar nu komt Hawking's ontdekking om de hoek kijken: het zwarte gat straalt langzaam energie uit (Hawking-straling) en **verdampt uiteindelijk volledig**. En hier is het probleem: die straling bleek er, volgens Hawking's berekening, compleet **willekeurig en informatieloos** uit te zien — gewoon willekeurige warmtestraling, zonder enig spoor van de encyclopedie die erin viel.

Dus: als het zwarte gat helemaal verdwijnt, en de straling die overblijft bevat geen informatie over wat erin viel... waar is die informatie dan gebleven? Ze kan niet zomaar **poef** weg zijn, want dat mag niet volgens de kwantummechanica.

Dit heet de **black hole information paradox** — twee van onze beste theorieën (kwantummechanica en algemene relativiteitstheorie) spreken elkaar hier tegen.

Hawking's eigen ommekeer

Interessant genoeg dacht Hawking zelf hier decennia lang anders over dan de meeste collega's:

- **Eerst (jaren 70-90)**: hij zei ronduit dat informatie inderdaad verloren gaat. Hij sloot hier zelfs een beroemde weddenschap over met een andere natuurkundige, John Preskill.
- **In 2004**: hij veranderde publiekelijk van mening en gaf toe dat hij ongelijk had — hij verscheen op een conferentie en zei dat informatie **wél** bewaard blijft, alleen op een subtielere manier dan iedereen dacht. Hij betaalde zijn weddenschap uit met een honkbal-encyclopedie (toepasselijk!) aan Preskill.

Waar staat de wetenschap nu?

De meeste natuurkundigen denken tegenwoordig dat informatie inderdaad **niet** verloren gaat, maar het precieze mechanisme — hoe die informatie precies terug naar buiten “lekt” via de straling — is nog steeds een van de grootste openstaande vraagstukken in de theoretische natuurkunde. Er zijn de laatste jaren (met name via string theory en iets dat “quantum extremal surfaces” heet) wel veelbelovende vooruitgang geboekt, maar een volledig sluitend antwoord is er nog niet.

Kortom: Hawking creëerde met zijn eigen ontdekking een puzzel die hijzelf niet volledig kon oplossen — en die tot op vandaag een van de heetste onderwerpen in de fundamentele natuurkunde is.

De Geen Grens Hypothese

Het probleem waar Hawking mee worstelde

We hebben net geleerd: het heelal begon met een singulariteit — een oerknal, een piepklein punt waarin álles zat. Maar dat gaf een vervelend nieuw probleem. Bij een singulariteit werken de normale natuurwetten niet meer. Sterker nog: je kunt je afvragen — wat was er **vóór** die singulariteit? Wat veroorzaakte hem?

Het is een beetje zoals wanneer je aan het einde van een kaart staat en er staat “hier houdt de kaart op” — maar je weet niet of dat betekent dat de wereld daar ook echt ophoudt, of dat er gewoon niks meer op de kaart getekend is.

Hawking's slimme truc: kijk naar de Zuidpool

Hawking en zijn collega James Hartle bedachten een heel mooie vergelijking om hierover na te denken. Stel je de aarde voor, en je loopt naar de Zuidpool.

Als je iemand vraagt: “Wat ligt er ten zuiden van de Zuidpool?” — dan is dat een rare vraag. Er is geen “ten zuiden van”. De Zuidpool is geen rand of muur waar de aarde plotseling ophoudt. Het is gewoon een heel normaal punt op een ronde bol, waar de richting “zuid” simpelweg niet meer bestaat.

Hun idee toegepast op het begin van het heelal

Hartle en Hawking stelden voor: misschien werkt **tijd** bij het allereerste begin van het heelal een beetje zoals richtingen op een bol.

Heel normaal gesproken kun je altijd vragen: “Wat gebeurde er vóór dit moment?” Maar hun wiskundige idee was dat, als je heel dicht bij het allereerste begin komt, **tijd zich een beetje begint te gedragen als een extra ruimte-richting** — een beetje zoals “zuid” op de Zuidpool.

Als dat klopt, dan is de vraag “wat was er vóór de oerknal?” een beetje net zo raar als “wat ligt er ten zuiden van de Zuidpool?” Er is geen rand, geen muur, geen begin-**punt** in de klassieke zin — het heelal heeft gewoon **geen grens**, ook al is het niet oneindig oud. Vandaar de naam: de “**no-boundary proposal**”, oftewel de geen-grens-hypothese.

Waarom dit knap is, maar ook lastig te bevatten

Dit is best pittige natuurkunde, zelfs voor volwassenen — het idee steunt op iets wat “imaginaire tijd” heet, een soort wiskundige truc uit de kwantummechanica die niet helemaal hetzelfde is als de tijd die wij ervaren met een klok. Je hoeft dat plaatje niet helemaal scherp te hebben; het belangrijkste idee is: **misschien heeft het heelal geen begin nodig in de zin van “een moment waarvóór er niets was”** — het rondt zichzelf gewoon af, zoals het oppervlak van een bol geen rand heeft.

Is dit bewezen?

Nee — dit is nog steeds een van de meer speculatieve ideeën in de kosmologie, geen bewezen feit. Het is een wiskundig model dat goed in elkaar zit en interessante

voorspellingen doet, maar wetenschappers zijn het er nog niet unaniem over eens dat het klopt. Het laat vooral goed zien hoe Hawking graag dacht: hij probeerde altijd de allergrootste, vreemdste vragen — zoals “wat was er vóór het begin?” — te vangen in heldere, bijna speelse beelden.

Wat deed hij nog?

Een paar dingen die we nog niet hadden, elk met hun eigen soort interessant:

1. Zwarte-gaten oppervlakte wet (met Brandon Carter en James Bardeen, 1973)

Hawking hielp bewijzen dat het oppervlak van de waarnemingshorizon van een zwart gat **nooit kleiner kan worden** — het kan alleen maar gelijk blijven of groeien, bijvoorbeeld als er iets invalt of als twee zwarte gaten samensmelten. Dit was zo opvallend dat het sterk leek op de tweede hoofdwet van de thermodynamica (entropie neemt altijd toe, nooit af). Dat zette de natuurkundige Jacob Bekenstein op het idee dat zwarte gaten misschien wel een soort **temperatuur en entropie** hebben — wat Hawking eerst belachelijk vond, maar wat later, via zijn eigen ontdekking van Hawking-straling, precies bleek te kloppen! Mooi voorbeeld van hoe wetenschap soms via omwegen tot een doorbraak komt.

2. Twistor-theorie en kwantumzwaartekracht (algemener werk)

Hawking werkte veel aan pogingen om zwaartekracht en kwantummechanica te verzoenen — het grote onopgeloste probleem in de natuurkunde. Hij droeg bij aan technieken zoals **Euclidische kwantumzwaartekracht**, een wiskundige aanpak om dit soort problemen te berekenen (dit hangt ook samen met de geen-grens-hypothese).

3. Zwaartekrachtsgolven en de oerknal

Hawking deed ook voorspellend werk over hoe je bewijs zou kunnen vinden van wat er vlak na de oerknal gebeurde, via rimpelingen in de ruimtetijd (zwaartekrachtsgolven) — jaren voordat deze in 2015 voor het eerst daadwerkelijk werden gemeten door LIGO.

4. Zijn laatste wetenschappelijke artikel — postuum gepubliceerd

Vlak voor zijn dood in 2018 werkte hij nog aan een paper over het “multiverse” — het idee dat er misschien oneindig veel andere heelallen bestaan naast het onze, elk met andere natuurwetten. Het artikel probeerde dit idee wiskundig testbaarder te maken (voorheen was het multiversum-idee bijna niet te toetsen). Het werd na zijn dood afgerond door zijn co-auteur en gepubliceerd — een mooi, symbolisch laatste hoofdstuk van zijn werk.

5. Publieke waarschuwingen als “wetenschappelijke uiting”

Niet een ontdekking, maar het hoort wel bij zijn wetenschappelijke nalatenschap: hij gebruikte zijn autoriteit om herhaaldelijk te waarschuwen voor existentiële risico's — ongecontroleerde AI, biologische wapens, klimaatverandering — en pleitte serieus voor ruimtekolonisatie als overlevingsstrategie voor de mensheid op de lange termijn (zijn “Breakthrough Starshot”-project, met Yuri Milner, om piepkleine ruimtesondes naar het dichtstbijzijnde sterrenstelsel te sturen).

Hawkings falen

Het antwoord is: jazerker, en hij was er zelf ook best openhartig over. Een paar dingen die niet goed gingen:

Wetenschappelijke misstappen en verkeerde weddenschappen

- **De informatieparadox-weddenschap met Preskill** (die we net bespraken) — hij had het decennialang mis en moest publiekelijk toegeven dat hij ongelijk had.
- **Weddenschap over het Higgs-deeltje**: Hawking wedde met de natuurkundige Gordon Kane dat het Higgs-boson nooit gevonden zou worden. Hij verloor: het deeltje werd in 2012 daadwerkelijk ontdekt bij CERN.
- **Weddenschap met Kip Thorne over Cygnus X-1**: in de jaren 70 wedde Hawking dat dit object **geen** zwart gat was — deels voor de grap, als een soort “verzekering”: als hij ongelijk had over zijn eigen levenswerk (zwarte gaten bestaan), zou hij tenminste een tijdschriftabonnement winnen als troost. Hij verloor ook deze weddenschap; Cygnus X-1 bleek wél een zwart gat.
- Zijn **eerdere, stellige uitspraken** over informatieverlies bij zwarte gaten golden lange tijd als “het” antwoord, tot hij zelf inzag dat het te simplistisch was.

Voorspellingen die niet uitkwamen (of nog niet)

- Hij deed herhaaldelijk **stellige uitspraken over het einde van de mensheid** — bijvoorbeeld dat we de aarde binnen 100 jaar moesten verlaten, of specifieke jaartallen noemde voor wanneer AI gevaarlijk zou worden. Dat soort voorspellingen bleken vaak te specifiek en zijn (nog) niet uitgekomen, en critici vonden dat hij hiermee soms buiten zijn expertise trad — hij was tenslotte kosmoloog, geen AI-onderzoeker of bioloog.

Persoonlijke tegenslagen

- Zoals we eerder bespraken: zijn **tweede huwelijk met Elaine Mason** eindigde problematisch, met (nooit volledig bewezen) beschuldigingen van mishandeling — een pijnlijk hoofdstuk dat hij zelf nooit publiekelijk uitgebreid heeft toegelicht.
- Zijn **Oxford-jaren**: hij gaf later zelf toe dat hij te weinig moeite deed en bijna een onvoldoende diploma haalde — geen “faal” in de zin van een ramp, maar wel een gemiste kans op zijn eigen potentieel, tot zijn latere jaren op Cambridge alles veranderde.

Wat interessant is aan al deze missers

Hawking ging er eigenlijk best sportief mee om — die weddenschappen waren juist bedoeld als publiek, speels statement: “Ik weet het ook niet zeker, en ik vind het prima om ongelijk te hebben.” Dat past bij zijn karakter: hij nam de wetenschap serieus, maar zichzelf niet te serieus. Zijn bereidheid om publiekelijk van gedachten te veranderen (zoals bij de informatieparadox) wordt door veel wetenschappers juist gezien als een teken van intellectuele eerlijkheid, niet van zwakte.

Hawkings invloed op ons leven vandaag

Zijn invloed zit op een paar heel verschillende niveaus, van heel concreet tot heel cultureel.

1. Wetenschappelijke invloed (nog steeds actief onderzoeksgebied)

Hawking-straling en de informatieparadox zijn niet “opgelost en klaar” — ze staan nog steeds centraal in het onderzoek naar **kwantumzwaartekracht**, een van de grootste open vragen in de natuurkunde. Elke fysicus die vandaag aan zwarte gaten, snaartheorie, of de vroege oerknal werkt, bouwt voort op zijn fundamenten. Zijn singulariteitsstellingen met Penrose blijven ook basiswerk in de kosmologie.

2. Publieke wetenschapscommunicatie

Dit is misschien wel zijn grootste, meest tastbare erfenis. Vóór ***A Brief History of Time*** (1988) was kosmologie iets voor specialisten. Hawking bewees dat je complexe wetenschap toegankelijk kon maken voor miljoenen gewone mensen, zonder het te versimpelen tot onzin. Hij opende de deur voor een hele generatie populair-wetenschappelijke communicators — denk aan mensen zoals Brian Cox, Neil deGrasse Tyson — die deels in zijn voetsporen werken.

3. Symbool voor mensen met een beperking

Dit is waarschijnlijk zijn meest directe invloed op het dagelijks leven van mensen. Hawking liet zien, decennialang en heel zichtbaar, dat een ernstige fysieke beperking iemands intellectuele bijdrage niet in de weg hoeft te staan. Hij droeg bij aan:

- Meer bewustzijn en zichtbaarheid rond ALS en motorneuronziekten
- De ontwikkeling en normalisering van **spraakcomputers en assistive technology** — zijn samenwerking met Intel aan zijn communicatiesysteem stimuleerde onderzoek naar oogtracking- en spierbewegingsgestuurde interfaces, technologie die nu breder wordt gebruikt door mensen met vergelijkbare beperkingen

4. Waarschuwingen die actueler zijn dan ooit

Zijn zorgen over **kunstmatige intelligentie** klinken vandaag bijna profetisch, met de opkomst van grote taalmodellen en de huidige AI-veiligheidsdiscussies. Zijn pleidooien voor ruimtekolonisatie als “back-up” voor de mensheid sluiten aan bij het huidige momentum rond bedrijven zoals SpaceX. Zijn klimaatwaarschuwingen zijn, helaas, alleen maar relevanter geworden.

5. Culturele iconische status

Zijn gezicht, stem (de synthesizerstem is letterlijk een merk geworden) en verhaal zijn onderdeel van de populaire cultuur — via ***The Theory of Everything***, zijn cameo's, en talloze verwijzingen. Hij is een van de weinige wetenschappers ter wereld die net zo herkenbaar was als een popster.

Kortom

Zijn invloed op “ons dagelijks leven” is minder in de vorm van technologie die je gebruikt (zoals bij bijvoorbeeld Einstein en gps-satellieten), en meer in de vorm van: hoe we naar wetenschap kijken, hoe toegankelijk we die vinden, hoe we denken over beperkingen en menselijk potentieel, en hoe serieus we bepaalde toekomstige risico's nemen.

Zit er een nieuwe Hawking in de pipeline?

Het hangt ervan af of je kijkt naar zuiver wetenschappelijke inhoud, naar impact, of naar publieke rol — dat zijn namelijk verschillende mensen.

Op basis van wat er nu leeft in het veld, zijn er eigenlijk twee kandidaten die je op verschillende manieren “het dichtst” bij Hawking noemt:

Roger Penrose — de meest directe wetenschappelijke opvolger

Penrose is eigenlijk geen opvolger, maar zijn oorspronkelijke partner: samen bewezen ze de singulariteitsstellingen. Het verschil is dat Penrose de Nobelprijs in 2020 wél kreeg voor dat gezamenlijke werk (Hawking was toen al overleden — de prijs gaat nooit postuum, dus hij viste net achter het net). Qua onderzoeksgebied, generatie en samenwerkingsgeschiedenis is Penrose zonder twijfel de dichtstbijzijnde naam.

Juan Maldacena — de wetenschappelijke “erfgenaam” van het informatieparadox-vraagstuk

Als je kijkt naar wie vandaag het verst is gekomen in het oplossen van precies het probleem dat Hawking naliet (de informatieparadox), dan is dat toch echt Maldacena. Zijn beroemde 1997-idee — dat het heelal zich laat beschrijven als een soort **hologram** (de zogeheten AdS/CFT-correspondentie) — wees erop dat Hawking en Thorne het mogelijk mis hadden, en stelde dat alles wat er in dat platte, onderliggende beeld gebeurt puur kwantummechanisch te beschrijven is, waardoor informatie bewaard blijft. Zijn paper is inmiddels een van de meest geciteerde natuurkunde-papers ooit — met meer dan 24.000 citaties, zelfs meer dan Hawking's eigen paper met ongeveer 7.000.

Kip Thorne — de directe collega en tijdgenoot

Thorne was Hawking's persoonlijke vriend, weddenschapspartner en medewerker decennialang, en werkte net als Hawking aan zwarte gaten en zwaartekracht — hij kreeg trouwens zelf een Nobelprijs in 2017 voor de detectie van zwaartekrachtsgolven.

En qua publieke rol?

Als je “de nieuwe Hawking” bedoelt in de zin van iemand die wetenschap net zo toegankelijk en beroemd maakt voor het grote publiek, dan denken de meeste mensen aan namen zoals Brian Cox of Neil deGrasse Tyson — maar geen van hen combineert dat met wetenschappelijk werk van hetzelfde kaliber. Dat is denk ik ook precies waarom Hawking zo uniek was: hij was tegelijk een van de zwaarste theoretici van zijn tijd én de populairste wetenschapscommunicator ter wereld. Niemand vandaag combineert dat helemaal op dezelfde schaal.

