

Stephen Hawking

Zwarte gaten

Met een inleiding en aantekeningen

door David Shukman

(Redacteur BBC Wetenschapsnieuws)

Vertaald door Mario Molegraaf

2016 Prometheus Amsterdam

Inleiding

Door David Shukman

Alles aan Stephen Hawking is een bron van fascinatie: de benarde positie van een genie dat vastzit in een kwijnend lichaam, het vermoeden van een glimlach die oplicht in een gezicht waarin slechts één spier kan bewegen, de karakteristieke robotachtige stem die ons uitnodigt de ontdekkersvreugde te delen als zijn geest door de vreemdste hoeken van het Universum zwerft.

Tegen iedere verwachting in heeft deze opmerkelijke figuur de gebruikelijke grenzen van de wetenschap overstegen. Van zijn boek *Het heelal* werden verbluffend genoeg tien miljoen exemplaren verkocht. Cameo's in populaire televisiekomedies, uitnodigingen op het Witte Huis en een goed ontvangen film over zijn leven onderstrepen zijn faam. Hij is erin geslaagd niets minder dan de be-

roemdste wetenschapper ter wereld te worden.

In de jaren zestig gaf men hem twee jaar te leven toen bij hem de diagnose MND werd gesteld. Maar ruim een halve eeuw later doet hij nog steeds onderzoek, schrijft hij, reist hij en verschijnt hij regelmatig in het nieuws. Zijn dochter Lucy omschrijft hem, om dit uitzonderlijke elan te verklaren, als ‘enorm koppig’.

Of het nu door de pijn van zijn persoonlijke verhaal komt of door zijn vermogen tot enthousiasmeren, Hawking spreekt tot de verbeelding. Onlangs waarschuwde hij dat de mensheid een reeks rampen door eigen toedoen te wachten staat – vanaf opwarming van de aarde tot en met kunstmatig gemanipuleerde virussen. Een artikel met een weergave van zijn woorden was die dag het meest gelezen artikel op de website van de BBC.

Het is een verschrikkelijke ironie dat iemand die zo geweldig is in communicatie niet normaal kan converseren. Voor interviews moeten de vragen vooraf worden gestuurd. Enkele jaren geleden waarschuwde zijn staf me niet over onbenullige dingen te beginnen: het opstellen van zijn antwoorden op ook maar de kortste vragen duurt heel lang. In de opwindende ontmoeten kon ik het evenwel niet weerstaan eruit te flappen: ‘Hoe gaat het?’ – en moest toen schuldbewust zijn

reactie afwachten. Het ging goed met hem.

In zijn werkkamer in Cambridge is een bord overdekt met vergelijkingen. Wiskunde van het verfijndste soort is de valuta van de kosmologie. Maar Stephen Hawkings unieke bijdrage aan het wetenschappelijk onderzoek is dat hij benaderingen van duidelijk heel verschillende specialismen aanwendt: het bekendst is dat hij als eerste het enorme ruimterijk onderzocht met behulp van wetenschappelijke technieken die waren bedacht om de kleine deeltjes in atomen te bestuderen.

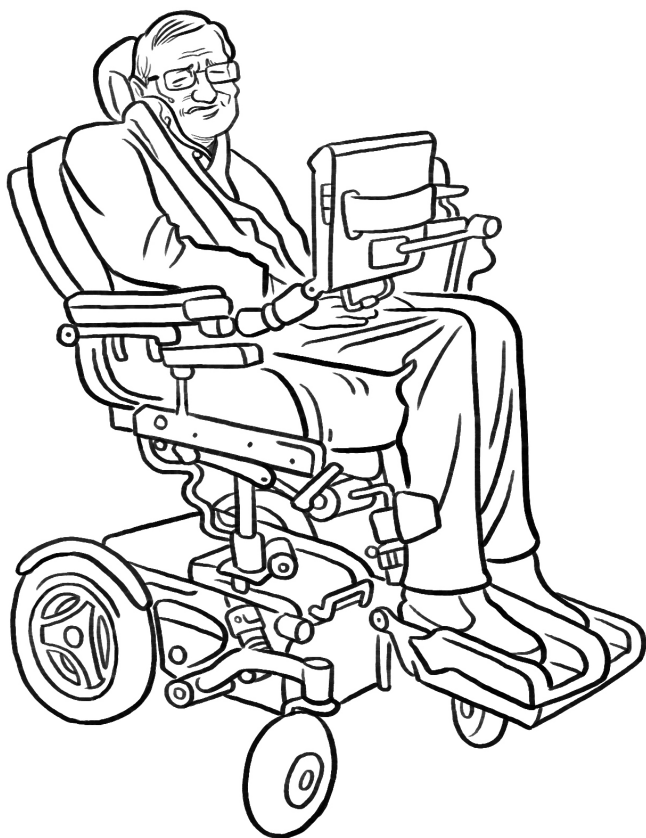
Zijn collega's op dit waanzinnig ingewikkelde terrein vrezen misschien dat hun werk nooit begrijpelijk kan worden gemaakt voor het publiek. Maar streven een breder gehoor te bereiken is een Hawking-handelsmerk. In de BBC Reith Lectures van dit jaar ging hij de uitdaging aan de inzichten over zwarte gaten van een heel leven samen te vatten in twee praatjes van een kwartier. En voor mensen die nieuwsgierig zijn maar ook verbijsterd, of in de ban zijn van de inzichten maar nerveus over de wetenschap, heb ik op sleutelmomenten aantekeningen toegevoegd om een helpende hand te bieden.

Zwarte gaten. De Reith Lectures

1

Hebben zwarte gaten geen haar?

Uitgezonden 26 januari 2016



Ze zeggen dat feiten soms vreemder zijn dan fictie, en nergens geldt dat sterker dan in het geval van zwarte gaten. Zwarte gaten zijn vreemder dan alles wat sciencefictionschrijvers hebben verzonnen, maar zijn stevig gegrondvest als wetenschappelijk feit. Het duurde lang eer de wetenschappelijke gemeenschap inzag dat sterren met een grote massa op zichzelf kunnen neerstorten, onder hun eigen zwaartekracht, en bekeek hoe de overgebleven objecten zich zouden gedragen. Albert Einstein schreef in 1939 zelfs een artikel waarin hij stelde dat sterren niet onder zwaartekracht ineen kunnen storten, omdat materie niet tot onder een bepaald punt kan worden gecomprimeerd. Vele geleerden deelden Einsteins instinctieve gevoel. De voorname uitzondering was de Amerikaanse weten-

schapper John Wheeler, die in allerlei opzichten de held is in het zwartegatenverhaal. In zijn werk uit de jaren vijftig en zestig benadrukte hij dat vele sterren op den duur zouden imploderen en wees hij op de problemen die deze mogelijkheid voor de theoretische natuurkunde met zich meebracht. Hij zag op voorhand ook vele van de eigenschappen van de objecten waarin ineengestorte sterren veranderen – namelijk zwarte gaten.

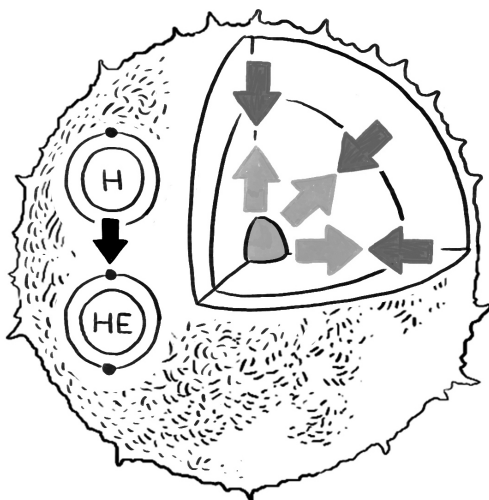
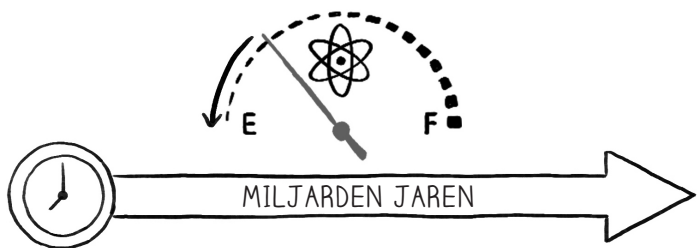
DS: De term ‘zwart gat’ is doodeenvoudig, maar je kunt je er moeilijk eentje in de ruimte voorstellen. Denk aan een enorme afvoerbuiss met water dat erin neer draait. Wanneer iets over de rand – dat heet de ‘waarnemingshorizon’ – glipt, is er geen weg terug. Omdat zwarte gaten zo krachtig zijn, wordt zelfs licht erin opgezogen, zodat we ze niet echt kunnen zien. Maar wetenschappers weten dat ze bestaan omdat ze sterren uiteenrijten die er te dichtbij komen en omdat ze trillingen door de ruimte kunnen sturen. Een botsing tussen twee zwarte gaten meer dan een miljard jaar geleden zorgde voor zogeheten ‘zwaartekrachtgolven’. Onlangs werden deze gedetecteerd, een enorm belangrijke wetenschappelijke prestatie.

Tijdens het grootste deel van het bestaan van een normale ster, vele miljarden jaren lang, zet die zich schrap tegen haar eigen zwaartekracht door gasdruk, veroorzaakt door nucleaire processen waarbij waterstof in helium wordt omgezet.

DS: NASA beschrijft sterren zo'n beetje als snelkookpannen. De explosieve kracht van kernfusie in sterren zorgt voor buitenwaartse druk, beteugeld door zwaartekracht die alles naar binnen trekt.

Maar uiteindelijk raakt de ster door haar nucleaire brandstof heen. De ster trekt zich nu samen. In sommige gevallen zal ze zich in stand kunnen houden als een 'witte dwerg'. Subrahmanyam Chandrasekhar liet in 1930 zien dat de maximale massa van een witte dwerg ongeveer 1,4 maal die van de zon is. De Sovjet-natuurkundige Lev Landau kwam uit op een vergelijkbare maximale massa voor een ster die volledig uit neutronen bestaat.

DS: Witte dwergen en neutronensterren waren vroeger zonnen en hebben later al hun brandstof verbruikt. Zonder actieve kracht die hen opblaast, is er niets wat hun zwaartekracht ervan weerhoudt ze te laten slinken,



NORMALE STER

ZWAARTE-
KRACHT

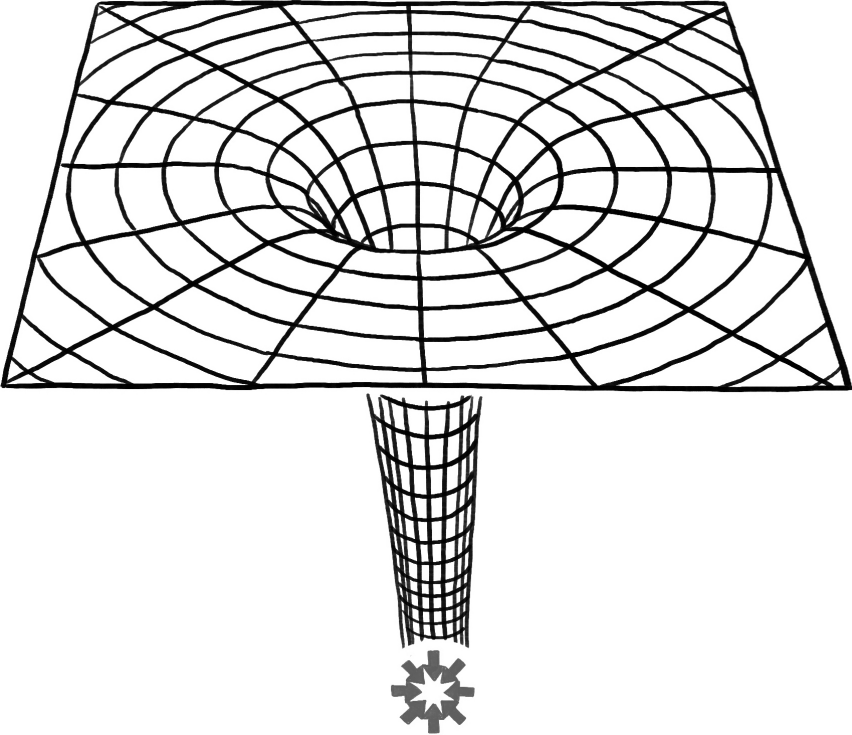


GASDRUK

en zijn ze objecten geworden met een van de grootste dichtheden in het universum. Maar in de ranglijst van sterren zijn deze sterren relatief klein, wat inhoudt dat ze de gravitatiekracht missen om volledig ineen te storten. Het interessantste voor Stephen Hawking en anderen is dus wat er met de allergrootste sterren gebeurt wanneer die het einde van hun bestaan bereiken.

Wat zou dan het lot zijn van de talloze sterren met een grotere massa dan die van een witte dwerg of een neutronenster, wanneer ze hun nucleaire brandstof hebben opgebruikt? Dit probleem werd onderzocht door Robert Oppenheimer, later befaamd door de atoombom. In een aantal artikelen uit 1939 liet hij, samen met George Volkoff en Hartland Snyder, zien dat zo'n ster niet door buitenwaartse druk in stand kan blijven en dat wanneer je druk uit de berekening weglaat een uniform sferische systematisch symmetrische ster tot één punt met oneindige dichtheid zou samentrekken. Zo'n punt heet een singulariteit.

DS: Een singulariteit is waarop je uitkomt wanneer een reuzenster tot een onvoorstelbaar klein punt wordt gecomprimeerd. Dit



concept is een bepalend thema in Stephen Hawkings loopbaan geweest. Het verwijst niet alleen naar het einde van een ster, maar ook naar een véél fundamenteeler idee over het startpunt voor de vorming van het hele universum. Zijn wereldwijde erkenning dankt Hawking aan zijn wiskundige werk op dit gebied.

Al onze theorieën over ruimte worden geformuleerd onder de aanname dat ruimte-tijd gelijkmatig is en bijna plat. Ze falen dus bij de singulariteit, waar de kromming van ruimte-tijd oneindig is. In feite betekent de singulariteit het einde van de tijd zelf. Dat is wat Einstein zo verwerpelijk vond.

DS: Volgens Einsteins algemene relativiteitstheorie vervormen objecten de ruimte-tijd om hen heen. Denk aan een bowlingbal op een trampoline: die verandert de vorm van het materiaal en zorgt ervoor dat kleinere objecten in de richting ervan glijden. Zo wordt het effect van zwaartekracht uitgelegd. Maar als de krommingen in ruimte-tijd dieper en dieper worden, en uiteindelijk oneindig, verliezen de gebruikelijke regels van ruimte en tijd hun geldigheid.