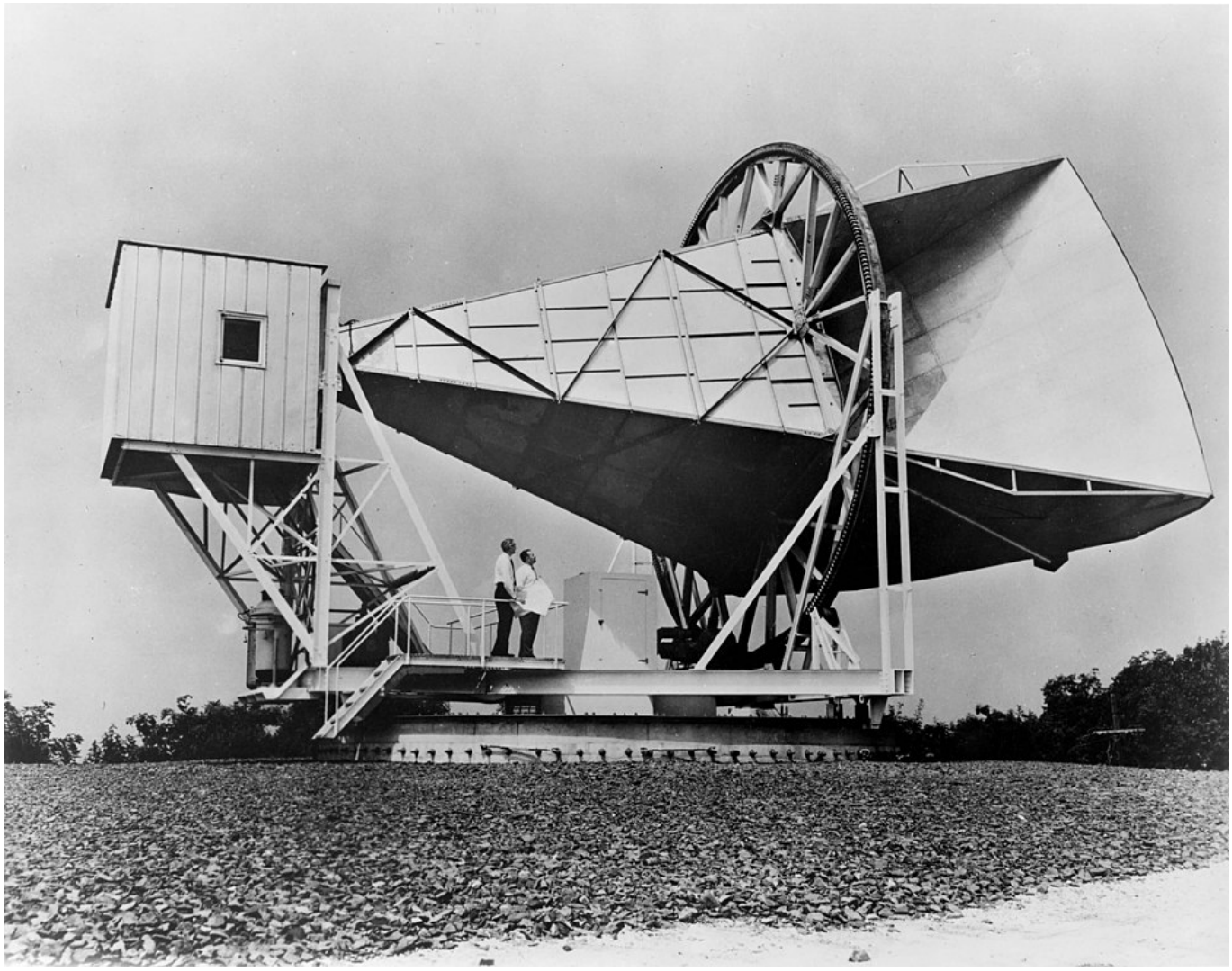
Een babyfoto van het heelal

Het heelal is 13,8 miljard jaar oud. Hoe weten we zo precies de leeftijd van het heelal? En waarom denken wetenschappers überhaupt dat ons universum een begin heeft gehad? In de jaren 60 van de vorige eeuw vond (per toeval) een van de belangrijkste experimenten uit de natuurkunde plaats toen twee astronomen een mysterieuze achtergrondruis opmerkten. In dit artikel zullen we zien hoe zij per ongeluk de geboorte van ons universum vastlegden en daarmee de basis legden voor onze huidige kijk op het universum.



Afbeelding 1. De Holmdel-antenne in New Jersey. Foto: NASA.

Een radiotelescoop en vogelpoep

In 1960 werd er in de Bell Laboratories in Holmdel, New Jersey, een grote antenne gebouwd. Deze antenne was bedoeld als onderdeel van een nieuw satelliettransmissiesysteem, maar twee wetenschappers van Bell Labs hadden er ook hun zinnen op gezet. Arno Penzias, een in Duitsland geboren radioastronoom, was in 1958 bij Bell Labs komen werken. Hij had in zijn promotieonderzoek metingen gedaan aan radiosignalen uit het heelal en zag direct dat de nieuwe antenne een kans bood om zijn onderzoek naar dat verschijnsel voort te zetten. Robert Wilson, ook radioastronoom, kwam in 1962 om dezelfde reden naar Bell Labs. In 1964 kwam de Holmdel-antenne beschikbaar voor wetenschappelijk onderzoek.

Toen Penzias en Wilson voor het eerst met de telescoop aan de slag gingen merkten ze iets heel vreemds op: er was een aanhoudende achtergrondruis aanwezig in hun signaal – een zelfde soort ruis als een oude radio oppakt als hij niet op de juiste frequentie staat afgesteld.

Deze ruis bestond uit microgolfstraling[1] en leek gelijkmatig vanuit alle richtingen te komen. Naar welke plek ze de antenne ook richtten, en of ze het overdag of ’s nachts deden, maakte geen verschil: het signaal bleef aanwezig.

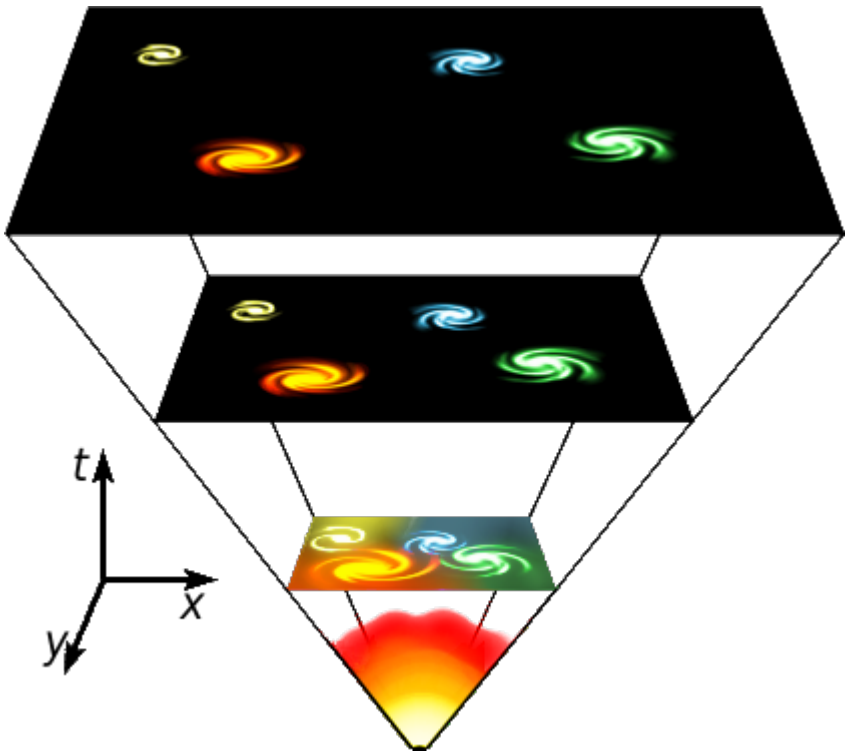
Gedurende een jaar deden de twee astronomen er alles aan om van de ruis af te komen. Ze gingen er in eerste instantie van uit dat er iets mis was met de installatie: door de bedrading te verleggen en bepaalde onderdelen van het apparaat te vervangen probeerden ze het probleem te verhelpen. Maar tevergeefs. Op een bepaald moment ontstond er zelfs het idee dat de duiven die zich in de grote hoorn van de antenne hadden genesteld verantwoordelijk waren voor het signaal. Nadat ze de duiven hadden gevangen en de gehele antenne van vogelpoep (of zoals Penzias en Wilson eraan refereerden: “een wit dielectricum”) hadden ontdaan, bleef de ruis echter aanwezig. De twee wetenschappers stonden voor een raadsel: als er niets mis was met de antenne, wat was dan wel verantwoordelijk voor de straling die ze vonden?

De oerknal

Wat Penzias en Wilson niet wisten was dat er op zo’n 50 km van hen vandaan wetenschappers naarstig op zoek waren naar het signaal waar zij zo graag van af wilden

komen. In de tijd dat de twee astronomen op hun achtergrondruis stuitten waren er twee tegenstrijdige ideeën over hoe ons universum was ontstaan. Enerzijds was er de oerknaltheorie die uitging van een universum dat met een geweldige explosie uit een puntvormige singulariteit was ontstaan. Daartegenover stond de steady-statetheorie die gebaseerd was op een heelal zonder begin of einde.

Het idee van een oerknal dook al op in de jaren 20 van de vorige eeuw, toen de Leuvense hoogleraar Georges Lemaître voorstelde dat ons universum was begonnen als een punt en zich daarna snel had uitgebreid. Lemaître was zijn tijd ver vooruit: de meeste wetenschappers waren er op dat moment van overtuigd dat het heelal statisch was. De waarnemingen van Edwin Hubble in 1929 – die uiteindelijk leidden tot de Wet van Hubble-Lemaître – begonnen een ander beeld te geven: een heelal dat aan een constante uitdijing onderhevig was. Dit gaf meer gewicht aan de oerknalhypothese. Maar niet iedereen was overtuigd van het idee dat ons heelal een begin had. In 1948 werd onder andere door Fred Hoyle het steady-statemodel opgesteld als tegenhanger van de oerknaltheorie. In dit model had het heelal geen begin en maakte constant nieuwe materie aan tijdens de uitdijing. De term “big bang” werd nota bene door Hoyle als eerste gebruikt tijdens een radio-uitzending in 1949 om aan te geven hoe belachelijk het idee van een oerknal wel niet was.



Afbeelding 2. De oerknal. De oerknal en de

daaropvolgende uitdijing van het heelal. Afbeelding:
Gnixon.

Op Princeton University, vlakbij de Holmdel-antenne, werd in het begin van de jaren 60 onder leiding van de natuurkundige Robert Dicke gewerkt aan theorieën over de oerknal. De ‘big bang-theorie’ gaat niet zozeer over de ‘bang’ zelf, maar vooral over hoe het heelal zich daarna tot de huidige vorm heeft ontwikkeld. Een van de dingen die Dicke voorstelde was dat er nog iets zichtbaar moest zijn van de oorspronkelijke ontploffing: een soort nagloeien dat gedurende de groei van het heelal was “afgekoeld” tot een koude gelijkmatig achtergrondruis die we hier op aarde vanuit alle richtingen zouden moeten kunnen meten. Al in de jaren 50 werd het bestaan van deze achtergrondstraling gepostuleerd door een groep wetenschappers geleid door de Russische natuurkundige Georges Gamow. Helaas waren zowel Penzias en Wilson als Dicke niet bekend met het werk van Gamow.

Precies op het moment dat Dicke op zoek was naar bewijs voor zijn theorie, namen Penzias en Wilson contact op met de universiteit. Hij wist natuurlijk direct wat eraan de hand was: ze waren toevalligerwijs gestuit op een bijna 14 miljard jaar oude ruis – een babyfoto van het universum! In 1965 publiceerde het tijdschrift *Nature* twee artikelen: één van Penzias en Wilson met hun ontdekking van de achtergrondstraling en één waarin Dicke de wetenschappelijke relevantie van hun ontdekking beschreef. Het is wellicht grappig om te noemen dat Robert Wilson zelf een aanhanger was van het steady-statescenario en zich daarom niet heel comfortabel voelde bij de uitleg die aan hun resultaat werd gegeven.

De ontdekking van de achtergrondstraling, gecombineerd met het eerdere werk van Edwin Hubble en anderen over de uitdijing van het heelal, vormde doorslaggevend bewijs voor het oerknalscenario. Daarom werd deze theorie vanaf 1970 onder astronomen de heersende opvatting over het ontstaan van ons universum. Penzias en Wilson kregen in 1978 de Nobelprijs voor de Natuurkunde voor hun ontdekking van de achtergrondstraling.

news

From BELL TELEPHONE LABORATORIES, 463 West Street, New York 14, CHelsea 3-1000

For immediate release

5-.23-6J

NEWLY DISCOVERED RADIO RADIATION MAY PROVIDE
A CLUE TO THE ORIGIN OF THE UNIVERSE

Evidence that may support a new cosmological theory of the universe recently proposed by Princeton University has been observed at Bell Telephone Laboratories. The evidence was found during a series of precision measurements of radio astronomical sources employing the horn reflector antenna used for the Telstar and Echo experiments.

After carefully measuring and accounting for all the known sources of noise radiation from the earth atmosphere and the galaxy, as well as from the antenna and associated receiving equipment, Bell Laboratories scientists Arno Penzias and Robert W. Wilson found a residual amount of noise radiation which they could not explain.

On consultation with colleagues in the radio astronomy field, they learned of the new theory proposed by Princeton physicists R. H. Dicke, P. J. Peebles, P. G. Roll and D. T. Wilkinson. One consequence of this theory is that there should be an observed radiation from the universe of the same order of magnitude as that observed at Bell Laboratories.

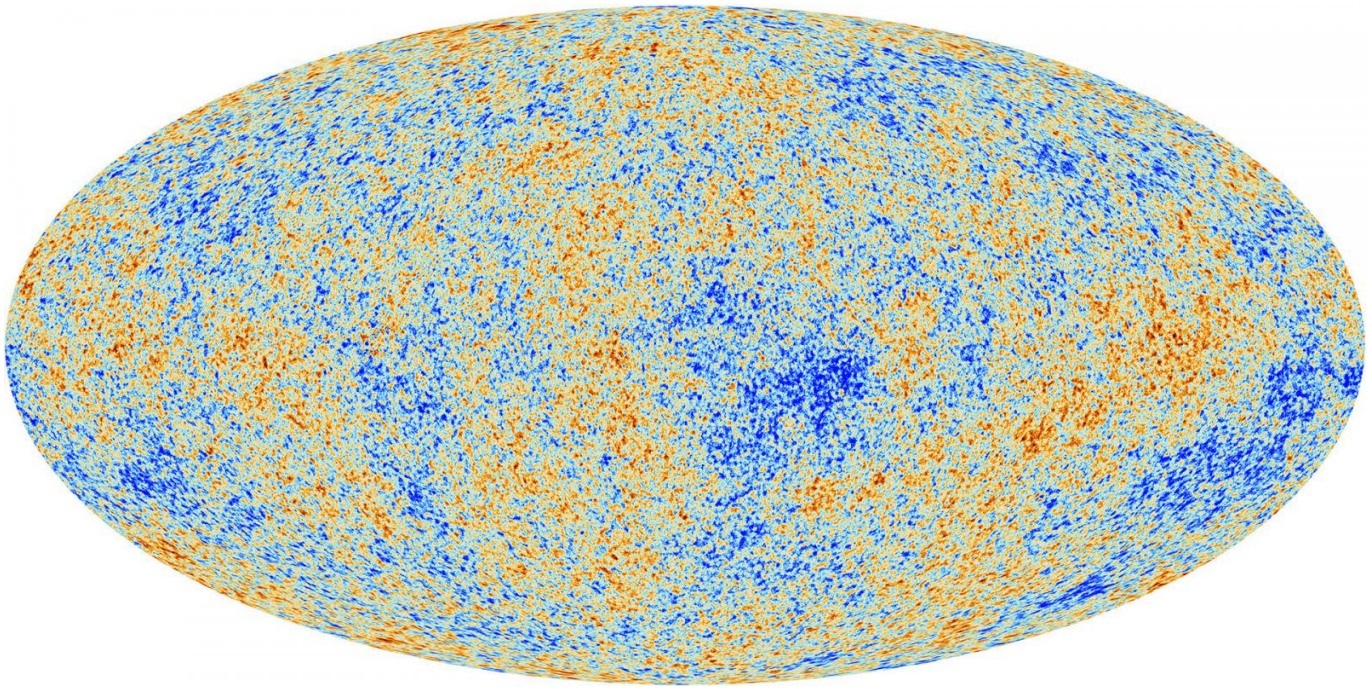
The Princeton work is based upon a theory that the universe is expanding from a high-temperature collapsed state. The energetic thermal radiation resulting from the high temperature has been cooled by the expansion of the universe to a tiny fraction of its original temperature and is believed to be the source of the effect observed at Bell Laboratories.

# # # #

Afbeelding 3. Groot nieuws. Nieuwsbericht waarin over de ontdekking van de microgolfachtergrondstraling wordt gerapporteerd. Afbeelding: Bell Labs.

Een babyfoto van het heelal

Wat Penzias en Wilson hadden gemeten staat nu bekend als de *kosmische achtergrondstraling*, en wordt ook wel CMB genoemd naar de afkorting voor de Engelse term “Cosmic Microwave Background”. In feite vormt deze straling het oudste licht dat we kunnen zien. Zo’n 380.000 jaar na deze oerknal – een fractie op de kosmische tijdschaal – zou het heelal zijn afgekoeld tot ongeveer 3000 Kelvin, een temperatuur waarop eenvoudige atomen gevormd kunnen worden. Omdat het licht toen niet langer gehinderd werd door de losse elektronen – die zaten nu immers opgesloten in atomen – kon het vanaf dat moment vrij door het heelal bewegen. Daarmee werd het heelal ‘zichtbaar’. Volgens de huidige modellen is het heelal sindsdien in grootte verduizendvoudigd. Tijdens deze uitdijing is de achtergrondstraling afgekoeld[2] tot een temperatuur van ongeveer 3 Kelvin, dezelfde factor duizend kleiner, en precies de microgolfstraling die Penzias en Wilson waren tegengekomen.



Afbeelding 4. Temperatuurwisselingen van de microgolfachtergrondstraling. Afbeelding gebaseerd op data die werden verzameld door de Planck-satelliet. De temperatuur is hier weergeven zoals op een weerkaart: rode gebieden zijn warmer en blauwe gebieden zijn kouder. Afbeelding: ESA/Planck.

In de 50 jaar na de toevallige ontdekking van Penzias en Wilson is de CMB van groot belang gebleken voor de kosmologie en ons begrip van het universum. Er is geen enkele andere meting waarvan we zoveel hebben geleerd over het ontstaan van ons heelal als van de

metingen aan de CMB. De straling stelt ons in staat om heel nauwkeurig de structuur en het ontstaan van ons heelal te onderzoeken. In juni 2001 werd de Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) gelanceerd die heel precies de temperatuurwisselingen in de CMB heeft gemeten. Inmiddels is men alweer een stap verder: de meest nauwkeurige metingen komen van ESA's Planck Observatory ruimtetelescoop die operatief was van 2009 tot 2013 en waarvan de data nog altijd verwerkt en geïnterpreteerd worden. In afbeelding 4 zijn deze metingen weergeven

We hebben in dit artikel gezien hoe het toeval soms een grote rol kan spelen in de wetenschap. We weten nu dat ons heelal zo'n 13,8 miljard jaar oud is en uit een oerknal is ontstaan. We hebben zelfs modellen die een nauwkeurige reconstructie kunnen geven tot op een triljoenste van een seconde na deze Big Bang. En dit alles berust op een toevallige ontdekking door twee astronomen. De vervelende achtergrondruis die Penzias en Wilson tegenkwamen in hun experiment bleek van onschatbare waarde voor ons begrip van de kosmos.

[1] Er zijn meerdere soorten elektromagnetische straling: naast straling die we kunnen zien, zichtbaar licht, zijn er ook verschillende soorten straling die we met het blote oog niet kunnen zien. Voorbeelden hiervan zijn radiostraling en microgolfstraling. Die laatste is bijvoorbeeld ook verantwoordelijk voor het opwarmen van je magnetronmaaltijd.

[2] Dit wordt met een technische term ook wel *roodverschuiving* genoemd, omdat de golflengtes van de straling worden uitgerekt en het licht dus 'roder' wordt.