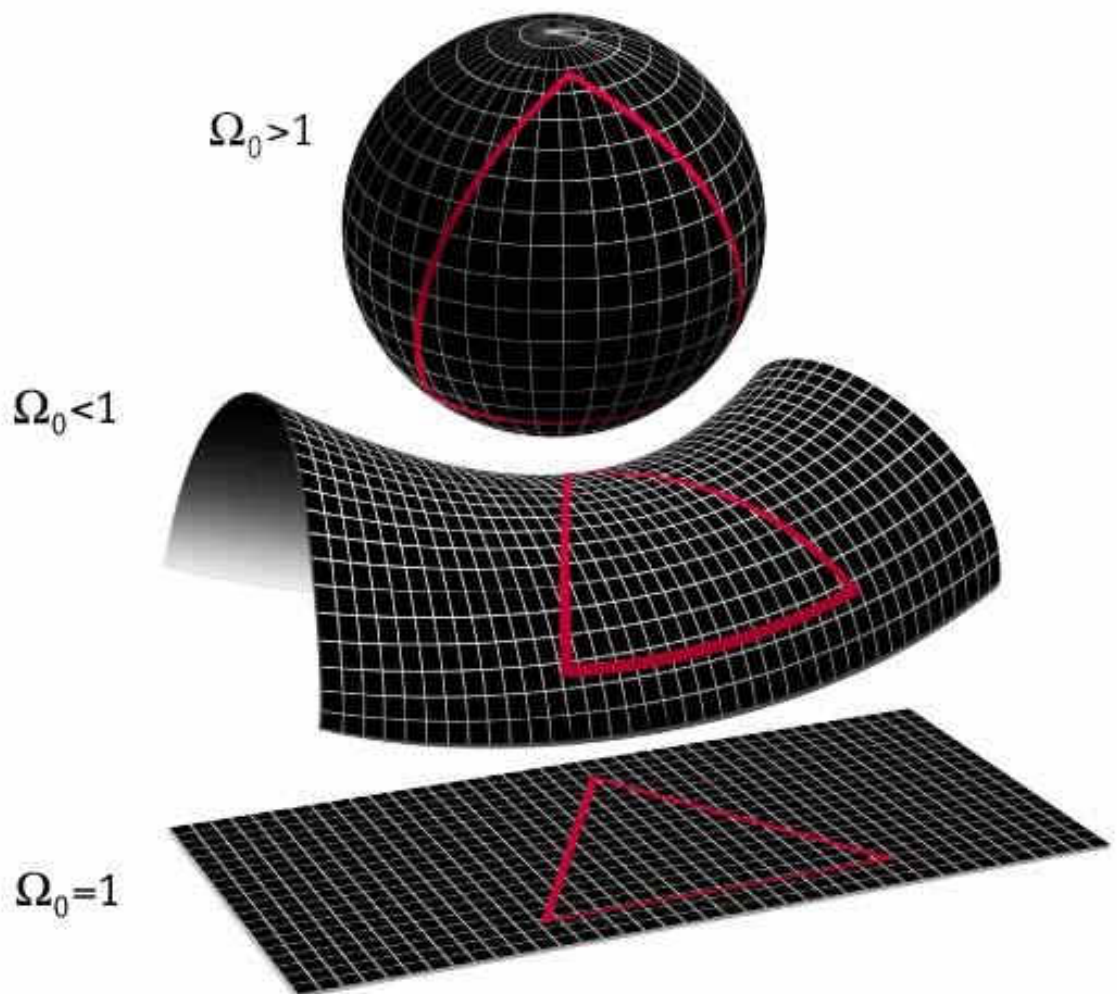




Profielwerkstuk De Big Bang

Sander Meijer
6W

Begeleidend
docent
Rob Hazelzet



Inhoud

Voorwoord	blz 2 t/m 3
Hoe is de theorie van de Big Bang ontstaan en wat verteld de theorie van de Big Bang?	blz 4 t/m 7
Problemen bij de simpele Big Bang theorie.	blz 8 t/m 13
Hoe vormt de Big Bang het heelal?	blz 14 t/m 16
Moderne kosmologie. Het onderzoek naar de Big Bang op het moment.	blz 17 t/m 18
Conclusies	blz 19 t/m 20
Nawoord	blz 21
Bronnen	blz 22
Bijlage	

Voorwoord

Waarom ik het onderwerp de Big Bang koos en wat de theorie van de Big Bang precies inhoud.

Ik heb altijd vragen gehad over het heelal zoals:

Waar komt alles vandaan?
Hoe ziet alles eruit als je er een kaart van maakt?
Is er een eind aan het heelal?

Ik heb ook een stukje sterrenkunde gehad bij het pickup project in de tweede en daar kreeg ik al een beetje inzicht van hoe ons zonnestelsel eruit zag en de planeten die erin voorkomen. Toch bleef ik veel vragen houden. Hoe deze planeten er precies kwamen en hoe de zon ontstond wist ik niet precies. Ik wist wel dat alles uit gassen bestond, enorme gaswolken van deeltjes die samenklonteren onder het effect van de zwaartekracht totdat ze planeten en sterren vormden.

Ik wist ook dat ons zonnestel zich bevond in een veel groter sterrenstelsel, een spiraalstelsel zelfs. Dat deze stelsels een cluster vormden met andere stelsels en dat die clusters weer met andere clusters strengen vormden werd mij pas in dit project duidelijk.

Mijn interesse in hoe het heelal ontstaan is, werd door dit projectje alleen maar groter. Nu ik wist hoe ons zonnestelsel eruit zag en een beetje geïntroduceerd was in hoe het heelal er ongeveer uit moest zien, wilde ik graag antwoord op mijn vragen.

Ik heb veel gelezen en gehoord over de theorie van de Big Bang, in blaadjes als de KIIJK en andere wetenschappelijke blaadjes, voor zowel jeugd als volwassenen. Altijd las ik over de Big Bang en zover ik weet is dit naast de scheppingsverhalen van diverse geloven de enige wetenschappelijke verklaring voor het ontstaan van het heelal.

De Big Bang is denk ik ook de oorzaak geweest van de meeste vragen die ik had want je kan je voorstellen dat er een grens aan de ruimte moet zijn als het heelal bolvormig zou zijn.

Kortom ik was benieuwd naar wat de Big Bang nou eigenlijk allemaal inhield voor ons heelal.

Dan nu de Big Bang. Wat zegt de theorie van de Big Bang eigenlijk?

De theorie van de Big Bang zoals ik die ken is vrij eenvoudig. Er was een enorme explosie met energie en/of materie (in ieder geval chaos) en die explosie breidde zich uit in het volledige niets dat er was voor het heelal er was. Op deze manier ontstond een bolvormig uitbreidend heelal, dat zich uitbreidde met de lichtsnelheid, want bij de explosie komt licht vrij en dat is het snelste voortplantende “iets” dat we kennen.

Het heelal is ontzettend oud en dus moet het ook ontzettend groot zijn. Je hebt nu dus als je naar het heelal zou kijken van grote afstand een enorme bol waarin het wemelt van sterren en planeten en zwarte gaten en meer van dat soort dingen, die allemaal ontstaan zijn door afkoeling en samenklontering onder invloed van de zwaartekracht.

Ik noem dit de simpele theorie van de Big Bang, omdat ik zo een simpel beeld schets van hoe het moet zijn gegaan zonder rekening te houden met allemaal bijkomende problemen.

Dit was mijn voorstelling van het heelal en alles wat ik wist van de Big Bang. Nu krijg je dus automatisch (in mijn geval) de vragen:

Wat was er voor het heelal?

Hoe kan alles in één punt beginnen?

Waar is de grens van het heelal (hoe oud is het heelal?) en wat ligt daarachter?

Waar was de Big Bang?

In dit werkstuk is het mijn bedoeling om me te concentreren op alleen de Big Bang. Ik wil graag weten hoe men op de theorie van de Big Bang uitkwam, door middel van metingen en waarnemingen. Waar en wanneer het geweest moet zijn en hoe de Big Bang het heelal vormt (hoe ziet het heelal eruit?). Kortom mijn hoofdvragen zijn:

Hoe is de theorie van de big Bang ontstaan?

Welke metingen, waarnemingen en berekeningen speelden daarbij een rol?

Waar en wanneer was de Big Bang?

Hoe vormt de Big Bang het heelal?

In dit werkstuk wil ik daar graag dieper op ingaan om te kijken of de theorie ook klopt. Ook vraag ik me af of er nog andere (wetenschappelijke) theorieën zijn over het ontstaan van het heelal. Dé hoofdvraag is, of ik met eigen metingen of waarnemingen de Big Bang theorie zou kunnen ondersteunen. Mijn hypothese is dat ik dat wel moet kunnen → hypothese: Ja, je kunt met eigen metingen de Big Bang ondersteunen.

De drijfveer achter dit onderwerp is voor mij dus eigenlijk gewoon de vraag: hoe zit het heelal in elkaar? En omdat de Big Bang de enige theorie is die ik ken en zover ik weet de meest bekende en algemeen aangenomen theorie is, is dit het onderwerp waar ik mij in wil verdiepen.

Sander Meijer 6W

Hoe is de theorie van de Big Bang ontstaan en wat verteld de theorie van de Big Bang?

De Big Bang is ontstaan uit lange tijd van waarnemingen en filosoferen en later berekenen. De vraag hoe alles werkt is eigenlijk de oorzaak van het opstellen van de theorie. Mensen zochten voor dit soort vragen een verklaring en die verklaring is langzaam geëvolueerd tot de theorie van de Big Bang, los van alle scheppingsverhalen natuurlijk.

Het leuke is dat het wel mensen met een sterke religie waren die begonnen met het zoeken van verklaringen. Dit waren de oude Grieken. Deze zochten niet meteen naar de verklaring van hoe het heelal ontstaan is maar zij probeerden de wereld vast te leggen in bepaalde natuurkundige wetten. Zij stelden dus geen vragen over het heelal, maar de manier van wetenschap zoals zij die bedreven is de basis voor de moderne wetenschap. De vragen die zij hadden waren ook de basis voor de vragen die wij nu hebben.

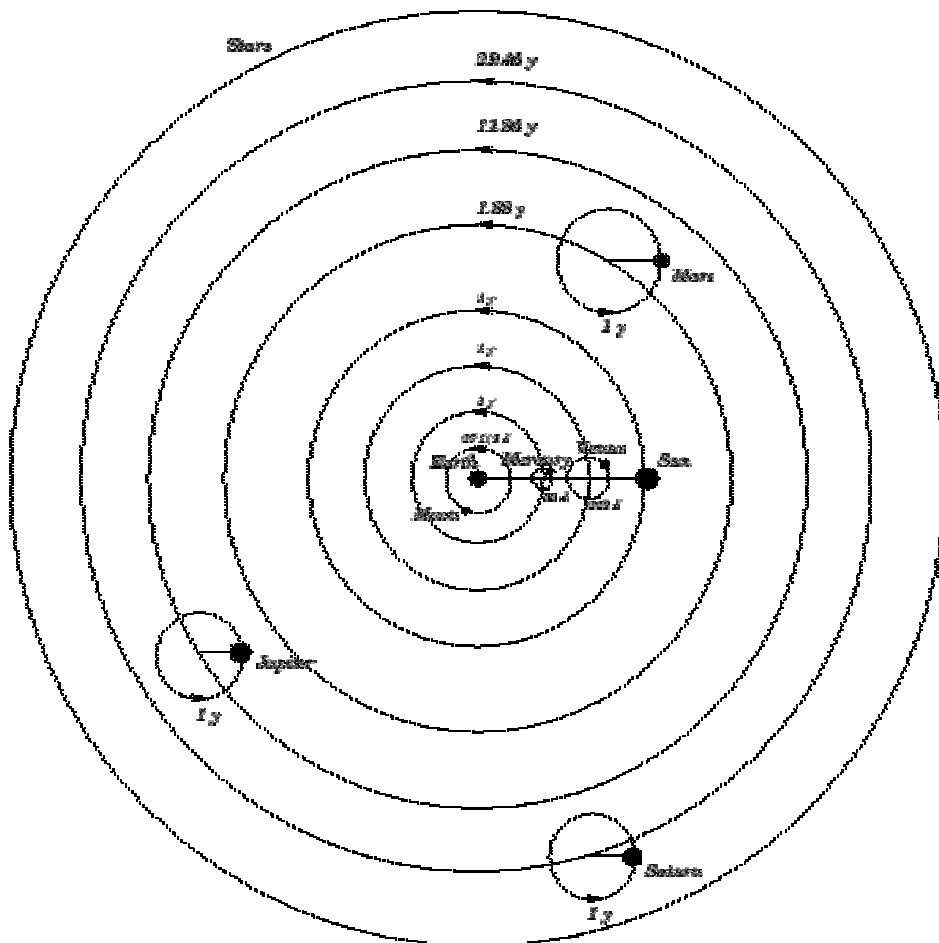
De wetenschap in die tijd was niet een vervanging voor de heersende religies. Het was een poging om de wereld om ons heen te begrijpen, de goden hadden de wereld geschapen en de mensen probeerden de regelmaat aan wetten te binden om daarmee gebeurtenissen in de natuur te voorspellen.

Zo was het (en voor velen is het nog steeds zo) tot in de 20^e eeuw. Einstein heeft ook gezegd “God heeft onze wereld zo geschapen dat we die kunnen begrijpen.”, waarin hij met onze wereld zich niet tot de aarde beperkt maar het hele heelal bedoeld.

Het beeld dat wetenschap als vervanging van religie ziet is dus heel modern.

De Big Bang is een theorie van hoe alles ontstaan is en ik zie het dus (als non-religieus persoon) als een vervanging van de religie, omdat je het begin van alles dan kent en god hebt vervangen door natuurwetten. God is in feite een theorie van alles. De Big Bang is dat ook en ze sluiten elkaar dus (hoogstwaarschijnlijk) uit.

Men begon met het verklaren van natuurverschijnselen in de wereld en eindigde met het zoeken naar de theorie van alles. Dit zoeken naar de theorie van alles begon pas in het begin



van de 20^e eeuw. Hiervoor was men dus bezig met het verklaren van natuurverschijnselen in de door god gecreëerde wereld en toen men begon met het zoeken naar een theorie van alles kan je zeggen dat men ook naar een mogelijke vervanging van de religie begon te zoeken. Als gevolg hiervan zie je ook dat door de eeuwen heen het beeld van het heelal steeds minder religieuze aspecten vertoond.

Ptolemaeus model van de wereld.

Een van de eerste modellen voor de wereld kwam van Plato. Deze beschrijving stelde dat de wereld een afspiegeling van de perfecte wereld was die alleen in de ideeënwereld bestond en gecreëerd was door een goddelijke macht. De werkelijkheid was een steeds veranderende wereld die leek op de perfecte wereld die eeuwig hetzelfde bleef als een soort modelwereld. Een door filosofie overheerst model, waarbij de religie sterk betrokken is.

Aristoteles bouwde verder op deze theorie. De wereld bleef een afspiegeling van de perfecte wereld, maar hij gaf een grens aan van de werkelijkheid en de perfecte wereld. Die grens was de grens van de bol met de aarde als middelpunt en de afstand tot en met de maan als straal. Binnen deze bol veranderde alles en heerste de werkelijkheid. Daarbuiten beschreef hij de perfecte wereld waarin de sterren en planeten allemaal in exacte cirkels bewogen. In dit beeld was de aarde dus het middelpunt van het heelal.

Ook zijn beeld is nog sterk religieus, de cirkelbanen waren goddelijke vormen en hij had Plato's wereldbeeld in de zijn wereldbeeld opgenomen. Je kan wel al zien dat Aristoteles naar beweging van hemellichamen gekeken heeft, een begin van de sterrenkunde.

De eerste die deze bewegingen berekende en beschreef met wiskundige modellen was Ptolemaeus. Hij stelde deze wiskundige modellen van Aristoteles' wereld op in de 'Almagest'. Hierin had hij voor iedere planeet die destijds bekend was een eigen rekenmodel opgesteld. (Zie voor de afbeelding de vorige pagina.)

Hierna zijn er bijna duizend jaar voorbijgegaan waarin de ontwikkeling van de sterrenkunde stil lag. De modellen van Ptolemaeus kwamen uit het jaar 200, maar in de middeleeuwen is daar niets meer mee gedaan.

De eerste die de sterrenkunde weer oppakte was Copernicus. Hij wilde de modellen van Ptolemaeus samen smeden tot één model die van toepassing was op alle planeten.

Hierin slaagde Copernicus niet helemaal, maar hij had wel de zon als middelpunt gesteld. Na waarnemingen bleken echter de banen van de planeten niet cirkelvormig te zijn. Johannes Kepler was degene die daarom de planeten een ellipsvormige baan toeweest.

Copernicus was eigenlijk de eerste die probeerde één verklaring te krijgen voor meerdere verschijnselen tegelijk. Hij wilde immers de banen van alle planeten verklaren met één model. Je kunt daarom stellen dat hij de basis legde voor de zoektocht naar de theorie van alles, die uitmondt bij de Big Bang.

Newton was degene die de volgende stap zette, hij stelde een gravitatie wet op waarmee hij de ellipsvormige banen verklaarde. Hij zag het heelal als een machine die een regelmatige beweging uitvoerde die was ingesteld door God.

Het feit dat hij de zwaartekracht erbij betrok was de grote stap voorwaarts. De zwaartekracht is dé kracht die beweging veroorzaakt in het heelal.

Het idee dat het heelal een machine was creëerde het idee van de warmtedood van het heelal. In die tijd (de industriële revolutie) kreeg men in de gaten dat energie niet vernietigd of gecreëerd kon worden maar alleen kon veranderen van vorm. Rudolf Clausius bedacht de term entropie, de onvermijdelijke verandering van bruikbare energie in onbruikbare energie. Hij stelde zich het heelal ook voor als machine en met zijn wet van de thermodynamica, dat de entropie van een gesloten systeem nooit afneemt, voorspelde hij de warmtedood van het heelal. Het heelal, een enorm gesloten systeem, zou uiteindelijk eindigen in een enorme chaos onbruikbare energie.



Nicolaus Copernicus
(1473-1543)

Hierna komen de modellen van Einstein. Einstein werkte lange tijd aan zijn algemene relativiteitstheorie. De algemene relativiteitstheorie zei dat de eigenschappen van materie en beweging werden bepaald door vervorming van ruimte en tijd. Kortom ze stonden in direct verband met elkaar. Deze theorie is erg gecompliceerd, maar hij beschreef alle verschijnselen in de wereld nauwkeuriger dan die van Newton. Newton's gravitatie wetten waren bijvoorbeeld niet meer van toepassing op verschijnselen waarbij heel sterke zwaartekracht een rol speelde. Hoewel dit pas later bekend werd klopte de algemene relativiteitstheorie wel met alle bekende verschijnselen die er waren.

De algemene relativiteitstheorie was ook van toepassing op het heelal. Alleen had Einstein een groot probleem. Zijn theorie voorspelde allemaal modellen voor het heelal die of uitdijden of ineen krompen. Hij was ervan overtuigd dat hij iets was vergeten in zijn theorie, het algemeen bekende beeld van het heelal was namelijk statisch.

Einstein heeft daarom de kosmologische constante toegevoegd aan zijn theorie en die maakte het mogelijk om een statisch heelal te creëren.

Het beeld van een uitdijend heelal wordt geïntroduceerd door Friedman. Friedman heeft met behulp van Einsteins algemene relativiteitstheorie de beweging van het heelal voorspeld. Einstein wilde zich houden aan het model van het heelal dat destijds bekend was. Een statisch heelal waarin alle hemellichamen hun beweging uitvoerden. Hij had speciaal hiervoor de kosmologische constante berekend die van zijn uitdijende en inkrimpende modellen een mogelijk statisch model maakte. Dat het heelal niet statisch kon zijn werd door Friedman bekend gemaakt. Hij had Einsteins model bekeken maar hij vertelde hem dat het niet het enige mogelijke model was en dat een kleine verandering in Einsteins heelal alles toch weer in beweging zou zetten. Friedman heeft zelf een aantal modellen opgesteld die nu de modellen van Friedman worden genoemd. Later zal ik drie van die modellen uitleggen.

Het echte bewijs dat het heelal uitdijde kwam van Edwin Hubble, hij mat dat de sterrenstelsels van elkaar af bewogen. Hij mat dit gegeven met behulp van roodverschuiving. Edwin Hubble probeerde met een nieuwe techniek namelijk spectroscopie, om de spectra van het licht van de sterrenstelsels vast te stellen. De plaatsen van de emissielijnen in deze spectra kwamen niet overeen met die uit zijn metingen. De emissielijnen in zijn gemeten spectra waren bijna altijd naar het rode deel van de spectra verschoven. Dat betekent: naar de langere golflengten van het licht.

Edwin Hubble was zo slim om dit te zien als een Dopplereffect. Op deze manier kon je zeggen dat de sterrenstelsels van ons af bewogen. Hij kon met het Dopplereffect ook berekenen hoe snel de sterrenstelsels van ons af bewogen.

Het tweede gegeven dat hij vond was dat sterrenstelsels die verder weg stonden ook grotere roodverschuiving hadden. Hij zette de snelheid van de sterrenstelsels uit tegen de afstand en hij vond een lineair verband.

Zo ontstond de wet van Hubble de snelheid waarmee sterrenstelsels van ons af bewegen is evenredig met de afstand. In formule vorm: $v = H_0 \times d$.

Er was nog een enorme stap gemaakt die de vorming van de Big Bang goed deed. De kosmische achtergrondstraling.

Dat het heelal uitdijde was nu wel bekend. Alpher en Herman maakten hiervan gebruik in 1948 om uit te rekenen via natuurkundige weg wat de temperatuur van de straling van de begin explosie van het heelal moest zijn. Ze kwamen op een temperatuur van 5 K. Later werd deze straling gemeten (1965) door radiotechnici, Arno Penzias en Robert Wilson, die met gevoelig apparatuur een satelliet probeerden te volgen. Het nieuws van de berekeningen van Alpher en Herman was niet meteen wereldwijd bekend. Ook werd het onderzoek naar een

begin van het heelal niet zo belangrijk gevonden. Maar de toevallige meting van de continue achtergrondstraling door Arno Penzias en Robert Wilson bleek een temperatuur te hebben van 2,73 K. Dit bewees niet meteen dat het dé achtergrondstraling moest zijn. Het leek zo omdat het spectrum van de achtergrondstraling leek bijzonder veel op dat van een zwarte-straler. Dit was wel een bewijs geweest dat het niet van dichtbij was, omdat sterren niet in staat zijn een volmaakt zwarte-straler spectrum weer te geven (zoals bekend uit Hubbles metingen). Het moet iets anders en nog heter zijn geweest. De COBE satelliet bevestigde dat de absorptielijnen in het spectrum van de achtergrondstraling afkomstig waren uit lichtfilterende deeltjes in onze atmosfeer. Het spectrum was net zo perfect als dat van een zwarte-straler. De achtergrondstraling was gevonden en wees op oerknal met een ongelooflijk hoge temperatuur.

Dit was het laatste 'harde' bewijs. Daarmee bedoel ik een meting aan onze wereld, die in de richting van een Big Bang wijst. Je zou ook nog de ontdekking van het neutrino kunnen noemen, omdat die ook echt gemeten is en in de richting van de Big Bang wijst.



Het neutrino was een deeltje dat de oplossing van de missende materie in ons heelal moest zijn. De materie die wij nu kunnen waarnemen in het heelal zou niet genoeg zwaartekracht leveren om het huidige heelal te vormen. Dit probleem heette het probleem van de Donkere Materie. Maar daar kom ik nog op terug. Feit is dat de wetenschappers na de ontdekking van de achtergrondstraling zich nu echt bijna allemaal achter de theorie van de Big Bang scharden en dus kan je zeggen dat de Big Bang toen echt een theorie was geworden. Na de ontdekking van achtergrondstraling was onderzoek echt gericht op de modellen van Friedman.

De COBE satelliet die o.a. de achtergrondstraling mat vanuit het heelal. Het onderdeel DIRBE (Diffuse Infrared Background Experiment) was het onderdeel dat de achtergrondstraling detecteerde. FIRAS (Far Infrared Absolute Spectrophotometer) was het onderdeel dat de resultaten vergeleek met een zwarte straler.

Problemen bij de simpele Big Bang theorie.

Eerst even een herhaling van de simpele Big Bang theorie.

Er was een enorme explosie met energie en/of materie (in ieder geval chaos) en die explosie breidde zich uit in het volledige niets dat er was voor het heelal er was. Op deze manier ontstond een bolvormig uitbreidend heelal, dat zich uitbreidde met de lichtsnelheid, want bij de explosie komt licht vrij en dat is het snelste voortplantende “iets” dat we kennen. Het heelal is ontzettend oud en dus moet het ook ontzettend groot zijn. Je hebt nu dus als je naar het heelal zou kijken van grote afstand een enorme bol waarin het wemelt van sterren en planeten en zwarte gaten en meer van dat soort dingen, die allemaal ontstaan zijn door afkoeling en samenklontering onder invloed van de zwaartekracht.

De vragen die ik stelde in de inleiding waren:

- Wat was er voor het heelal?
- Hoe kan alles in één punt beginnen?
- Waar was de Big Bang?
- Hoe oud is het heelal / wanneer was de Big Bang?
- Waar is de grens van het heelal en wat ligt daarachter?

De vraag wat er voor het heelal was is nog niet te beantwoorden via wetenschappelijke weg en dus schrap ik die van de bovenstaande lijst. Dit zal later duidelijk worden wanneer ik antwoord geef op de vraag hoe oud het heelal is. De vragen die ik over houdt zijn dan:

- Hoe kan alles in één punt beginnen?
- Waar was de Big Bang?
- Hoe oud is het heelal / wanneer was de Big Bang?
- Waar is de grens van het heelal en wat ligt daarachter?

Ik zal deze vragen elk apart beantwoorden in een soort van subhoofdstukken.

Eerst vraag een. Hoe kan alles in één punt beginnen? Dit wordt het probleem van de singulariteit genoemd.

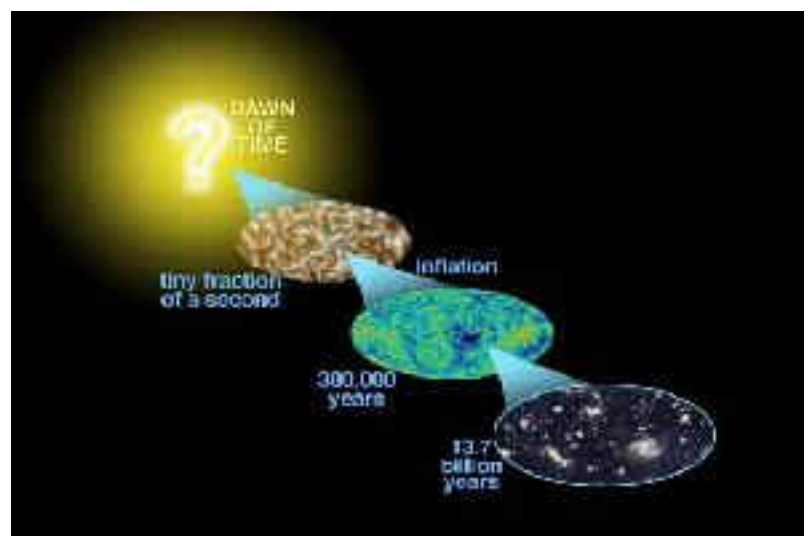
Wat is de singulariteit?

Je kunt je voorstellen dat je, als je de simpele theorie van de Big Bang bekijkt, je afvraagt hoe alles in één punt begint. Als je de explosie omdraait alsof het een filmpje was dan verdwijnt alles natuurlijk in een punt.

Je hebt bijvoorbeeld een rotje. Dat rotje steek je aan en als het vlammetje in het rotje schiet en het kruid vlamvat, begint de explosie vanuit het rotje.

Alles wat het rotje bevatte vliegt aan

stukken door de lucht. Als je dit opneemt met een videocamera en je draait je video



achterstevoren af, dan zie je hoe al die elementen van het rotje in elkaar vliegen tot ze het rotje vormen dat er was voor de explosie.

Natuurlijk is het rotje niet een punt maar een driedimensionaal voorwerp. Maar als je nou aanneemt dat er niets was voor de Big Bang dan moet de materie van het heelal dus ooit in een punt zijn ontstaan. Je speelt de videoband van dit proces ook achterstevoren af en je ziet dat alle materie op elkaar geperst wordt tot één punt dat oneindig klein is, omdat de materie altijd verder op elkaar geperst wordt.

Dit oneindig kleine punt heet de singulariteit. Dit is een belangrijk probleem in de theorie van de Big Bang. Dat het een probleem is komt door het feit dat wij met onze natuurkundige wetten niet kunnen aantonen dat alle materie van het heelal in één punt past.

Dit idee botst zo met onze natuur wetten, omdat we weten dat de druk en de temperatuur in een dergelijk punt oneindig hoog zouden moeten oplopen. En hier zijn we beland bij de kern van het probleem, namelijk dat we met onze kennis van de natuurkunde niet kunnen zeggen hoe deeltjes zich in die toestand gedragen.

Hoe ver komen we als we terugrekenen?

Als we kijken hoever we komen met onze natuurkunde dan kom je best ver. Aangenomen dat de uitbreiding van het heelal met de lichtsnelheid gaat, kom je op 10^{-6} seconde na de Big bang. Als je namelijk voor deze tijd kijkt naar het heelal, dan zijn de verwachtingen dat de vier krachten in ons heelal samensmelten tot één kracht.

Na de eerste 10^{-6} seconden zouden de vier krachten die wij kennen van toepassing zijn op de deeltjes. De temperatuur van het heelal zou na enkele minuten afnemen tot een miljard Kelvin. Bij deze temperatuur ontstaan kernreacties waaruit de eerste elementen worden gevormd.

Wat er precies gebeurt voor dit moment is niet helemaal duidelijk. Dat de krachten samensmelten is een theorie. Men probeert dit uit te zoeken door de omstandigheden te hercreëren met deeltjesversnellers en andere experimenten.

Waar was de Big Bang?

Deze vraag is erg moeilijk. De theorie van de Big Bang voorspelt dat alle materie in de ruimte van elkaar af beweegt en dat alles dus ooit vanuit één punt begonnen is te bewegen. Waar dit punt is, is (nog) niet berekend.

De vraag is of je het wel kan berekenen. Je kunt namelijk zeggen dat de Big Bang overal in het heelal heeft plaatsgevonden, omdat de Big Bang het heelal heeft gevormd. Het punt dat wij ons voorstellen als het begin, heeft zich uitgedijd tot het heelal nu. In principe is het heelal dat we nu hebben dus gewoon gelijk aan dat beginpunt. Dus heeft de Big Bang overal plaatsgevonden.

Als je hier namelijk niet vanuit gaat krijg je een probleem. Als je stelt dat in het huidige heelal een punt bestaat waar de Big Bang heeft plaatsgevonden (zoals ik deed), dan ga je er vanuit dat er al ruimte was voordat het heelal er was. Dit is automatisch het gevolg van het omgekeerde, als je zegt dat het heelal de enige ruimte is die er is en die is gecreëerd door de Big Bang dan krijg je het hierboven beschrevene, namelijk dat het beginpunt gelijk is aan het heelal nu, alleen in een andere tijd.

Je zou namelijk kunnen denken van nou ik heb een foto gemaakt van de tijd van het begin van het heelal en een transparante foto van het heelal nu en die leg ik over elkaar heen en dan weet ik de plek exact. Onbewust is het oppervlak van de foto nu de ruimte die er om het heelal heen is, die er al was voor de Big Bang er was. Ga maar na, als je op dezelfde manier een foto

maakt van vóórdat de Big Bang plaatsvond, hoe ziet dat er dan uit? Als dat zwart is suggereer je dat er een zwarte oneindige ruimte was voor de Big Bang. Dat is dus tegen het principe dat er buiten het heelal niets is.

Als je dan zegt: “Nee, ik knip dat zwarte kader eraf en zo houd ik twee heelallen over, een punt en een cirkelvormige en die leg ik op elkaar.” Nu kom je bij het probleem dat je niet weet waar je het punt op je cirkel moet leggen, want het kader met de randen, die aangeven dat je ze goed over elkaar heen legt, die zijn weg.

Dan kan je nog zeggen “Ja, maar ik ken de snelheden waarmee de objecten in het heelal van elkaar afbewegen en ik kan daaruit afleiden waar de Big Bang heeft plaatsgevonden en zo het punt op de goede plek in de cirkel leggen.” Nu doe je iets dat eigenlijk niet kan. Je hebt namelijk gesteld dat er geen ruimte was voor de Big Bang en je hebt dus twee momentopnamen van het heelal en daarmee zeg ik het al. *Twee* momentopnamen van *een en hetzelfde* heelal! De een is gelijk aan de ander, in een andere tijd. Zo kom je dus vanzelf op het punt dat de Big Bang overal heeft plaatsgevonden.

Een verwant onderwerp is het maken van een kaart van het heelal. Dat komt omdat je bij het maken van een kaart moet uitgaan van posities van objecten ten opzichte van een bepaald punt en omdat je grenzen/kaders maakt.

De enige kaart die ik tot nu toe gevonden heb is die van een hobbyist. Hij heeft ons sterrenstelsel als middelpunt genomen en is van daaruit de posities gaan bepalen van andere objecten. Dit is heel logisch zou je denken want je doet al je waarnemingen vanuit ons eigen sterrenstelsel. Het mooie is alleen dat deze kaart illustreert dat wij geen ander punt hebben in het heelal dat we als middelpunt gebruiken. Zoals hij ons eigen sterrenstelsel als middelpunt gebruikt zou je random iedere plek in het heelal kunnen kiezen.

Wanneer was de Big Bang?

De Big Bang was ongeveer veertien miljard jaar geleden. Dit is een conclusie uit recente metingen. Zo heeft men naar sterrenstelsels gekeken en geleerd hoe deze ontstaan en hoe sterren ontstaan. Op deze manier weet men ook ongeveer hoeveel tijd het kost om sterren en sterrenstelsels te krijgen uit stof en zwaartekracht.

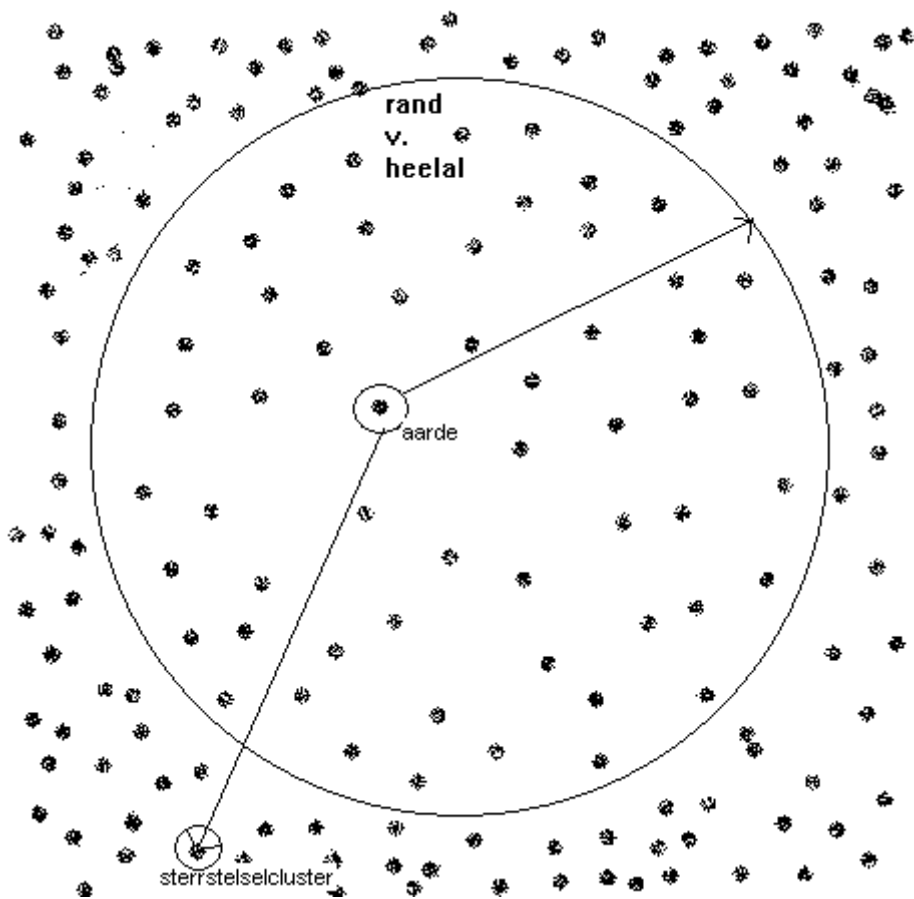
De tijd die het kost om sterren en sterrenstelsels te vormen en daarin leven te laten ontstaan, is altijd minder lang dan dat het heelal oud is. Dit is een logisch gevolg van het feit dat alles wat voorkomt in het heelal niet ouder kan zijn dan de ruimte waarin het voorkomt.

Als je nu de theorie van de Big Bang toepast, alles is uit één punt ontstaan, dan kan je dus een schatting doen van de leeftijd van het heelal door te kijken hoe oud sterren zijn die we kunnen waarnemen. Hieruit volgt tot nu toe steeds een schatting tussen de 10 en 16 miljard jaar en dus heeft de Big Bang ook zolang geleden plaatsgevonden.

Waar is de grens van het heelal en wat ligt erachter?

Het beeld uit 1920 over het heelal was nog helemaal niet gebaseerd op een Big Bang. Men had het gebaseerd op wat men had geobserveerd. Het heelal zou een statische bol zijn waarin alle hemellichamen hun bewegingen uitvoerden.

Als je op deze manieren naar het heelal kijkt heb je het altijd over driedimensionale bollen. Deze bollen zouden altijd een grens moeten hebben. Alle bollen hebben een grens. Dit is ook ‘bewezen’ door Heinrich Olbers. De ‘paradox van Olbers’ zoals het nu wordt genoemd geeft aan dat een dergelijk model van ons heelal een grens voorspeld. Hij stelde namelijk dat je in een oneindig heelal in alle richtingen sterren zou moeten zien.



Dit is een logisch gevolg van het feit dat er altijd in elke richting wel eens een ster zal zijn waar je tegenaan kijkt. Als dat zo is dan zou de hemel die wij zien 's nachts helemaal licht moeten zijn door de sterren. Dit is niet het geval. De hemel is donker in bijna alle richtingen, er zijn wel veel sterren maar er zijn veel meer plekken zonder sterren. Die donkere hemel die wij zien zal dus voortkomen uit het feit dat het heelal wel een grens heeft. Je beperkt namelijk daarmee het aantal sterren dat in het heelal aanwezig is en daarmee vergroot je de kans dat je een richting opkijkt waar geen sterren zijn.

Ons heelal zou dus volgens dit model, een driedimensionale uitdijende bol een grens moeten hebben.

Deze grens wordt gevormd door licht dat door de Big Bang is uitgezonden en zo dijt de grens van het heelal zich uit met de lichtsnelheid.

De paradox van Olbers, wanneer het heelal oneindig groot is, is er in elke richting een ster aan de hemel. Wanneer je echter een grens aan het heelal maakt zijn er richtingen waarin geen sterren aanwezig zijn. Dit verklaart onze donkere nachtelijke hemel.

De vraag of er een grens aan het heelal is, is daarmee nog niet beantwoord. Je hebt nu namelijk alleen nog maar gekeken naar de optie dat het heelal een driedimensionale bol is. Volgens Einstein was het heelal in de vierde dimensie namelijk gekromd. Deze kromming biedt nog heel veel meer andere modellen voor de vorm van het heelal. Ook modellen zonder grens.

De modellen van Einsteins gekromde heelal hebben geen grens, maar wat als het heelal er nu wel een heeft?

Waar de grens van het heelal is en wat erachter ligt houdt natuurlijk verband met wat er voor de Big Bang was. Als je namelijk verder borduurt op wat ik hiervoor vertelde, dat het heelal alle ruimte is die er is en daarbuiten niets is, dan ligt er niets achter de grens van het heelal. Dat is moeilijk voor te stellen. We hebben namelijk wel een grens, die kun je simpel afleiden uit de leeftijd van het heelal gecombineerd met de snelheid van de uitdijng.

Dat die grens onwijs ver weg ligt wordt mooi geïllustreerd door de kaart die ik op Internet vond van het heelal. Deze kaart kent namelijk alleen een grens die gevormd wordt door een tekort aan waarnemingen. Wij kunnen de grens niet waarnemen, alleen afleiden.

Als je er vanuit gaat dat er niets is buiten het heelal dan geldt dat ook voor de tijd. De tijd bestaat niet buiten het heelal. Dat is een bestaande theorie die ook wordt toegepast door de kwantummechanica. De tijd is een grootheid die in verband staat met andere grootheden als dichtheid. Logisch gevolg is dat als er niets is, dat er dan ook geen tijd is.

De boeken geven mij dan ook de informatie dat bij gaten in het heelal (als die er zijn) evenals bij de grens van het heelal lichtstralen simpelweg 'stoppen'. Ze zijn daar niet meer in staat zich voort te planten.

Deze theorie over lichtstralen illustreert ook weer dat er niets was voor de Big Bang en is achter de grens van het heelal. De grens van het heelal wordt namelijk gevormd door de *ruimte en tijd* en niet door het licht van de Big Bang. Als het licht voor de uitdijing moest zorgen zou het heelal nooit verder gekomen zijn dan zijn minuscule singulariteit, de lichtstralen zouden tegen het ‘niets’ opbotsen en meteen ophouden te bestaan. De ruimte dijt uit en heeft een eigen grens. Dit wijst erop dat er geen oneindige ruimte om het heelal heen bestaat maar dat er simpelweg niets is achter de grens van het heelal en voor de Big Bang. Als licht er namelijk de oorzaak van was dan ga je ervan uit dat er een ruimte en tijd moet zijn waarin het licht zich kan voortplanten en volgens de theorie is dat juist niet zo. Dit is dus een groot verschil met mijn simpele beeld van de Big Bang en het heelal dat ik had. Ik dacht dat het heelal uitdijde door het licht maar, dat is dus in ieder geval niet waar!

Manieren van berekenen en meten.

Het is duidelijk dat er niet veel te rekenen valt aan waar de Big Bang was. Wanneer hij was is wel te berekenen.

Ik had al verteld dat men kijkt naar heel ver afgelegen sterrenstelsels om de ontwikkelingen van sterrenstelsels te onderzoeken en daarmee een ruwe schatting te maken van wanneer de Big Bang was.

Om echter een goede schatting te doen, van wanneer de Big Bang was moet je ook kennis hebben van het ontstaan van bepaalde elementen.

Zonder die kennis kan je niet vertellen hoe oud de sterrenstelsels precies zijn in bepaalde stadia en weet je niet hoe de sterren ontstaan uit stoffen in het heelal.

Dit is het raakvlak van sterrenkunde met de deeltjesfysica. De vraag is dan welke deeltjes er geweest moeten zijn en hoe die zijn ontstaan. Op deze manier werk je steeds verder “terug in de tijd”.

Men kan nu “terugkijken in de tijd” door experimenten te doen met onder andere deeltjesversnellers. Op deze manier kun je kijken hoe de allerkleinste deeltjes reageren onder soms extreme omstandigheden. De grootste deeltjesversneller staat bij het CERN en is 27 kilometer lang.

In een deeltjesversneller laat men deeltjes met ongelooflijke snelheden op elkaar botsen om te kijken of deze deeltjes vervolgens fuseren of zich splitsen en waarin ze zich dan splitsen. Zo kan je onderzoeken hoe sterren ontstaan uit elementen en hoe die elementen ontstaan uit nog kleinere deeltjes.

Een andere manier van berekenen is met behulp van wiskunde en de aanwezige kennis van het heelal. Zo voorspellen deeltjesfysica nu vaak deeltjes die zij volgens eigen theorie vinden en toetsen ze het bestaan ervan in de aanwezige modellen van het heelal. Dat gaat als volgt. De kleinste deeltjes die er zijn hebben vaak een immense invloed op onder andere de vorm van het heelal. Omdat we al een heleboel kunnen waarnemen van het heelal, kan je het bestaan van een deeltje toetsen door hem als parameter in te voeren in bijvoorbeeld massa's van materie in het heelal. Wanneer er een heelal ontstaat waarvan eerder bewezen is dat het niet kán bestaan, bestaat een dergelijk deeltje waarschijnlijk niet. Wanneer er echter een heelal ontstaat dat wel mogelijk is binnen de theorieën en kennis die we nu hebben, kan je op zoek gaan naar zo'n deeltje.

Een voorbeeld hiervan is het neutrino deeltje. In het heelal is een probleem met de hoeveelheid materie en daarbij behorende zwaartekracht. Er zou niet genoeg van zijn in het waarneembare heelal. Het probleem werd het probleem van de donkere materie genoemd,

deze naam kwam voort uit het idee dat de materie er moest zijn via berekeningen maar dat het niet te zien was.

Met de theorieën die voortkwamen uit de deeltjesfysica werd het neutrino deeltje voorspeld. Dit deeltje zou het tegenovergestelde deeltje zijn van het elektron. Het deeltje zou bijna geen massa hebben maar er zouden er ontzettend veel van zijn. Alleen van de fotonen zouden er meer zijn. Het neutrino zou dus voor een enorme zwaartekracht kunnen zorgen in het heelal. Hij zou het raadsel van de donkere materie kunnen oplossen. Toen heeft men een opstelling bedacht waarmee je de deeltjes zou moeten kunnen meten.

Het deeltje zou voortkomen uit fusiereacties zoals die in de zon. Men heeft kunnen uitrekenen hoeveel deeltjes er ongeveer zouden moeten zijn als het model van het heelal waarin ze nodig waren klopte (een Friedman model). Met de meetresultaten van verschillende experimenten schenen er minder te zijn dan was berekend. Het model klopte niet of de experimenten klopten niet. Men bedacht met wederom behulp van deeltjesfysica dat er meerdere soorten neutrino's moesten zijn. Met het SNO (Sudbury Neutrino Observatory) in Canada kregen de wetenschappers inderdaad de gewenste resultaten. Het detectiesysteem was ingesteld op de meer soorten neutrino's en zo bleek het model van het heelal toch weer tot de mogelijkheden te behoren.

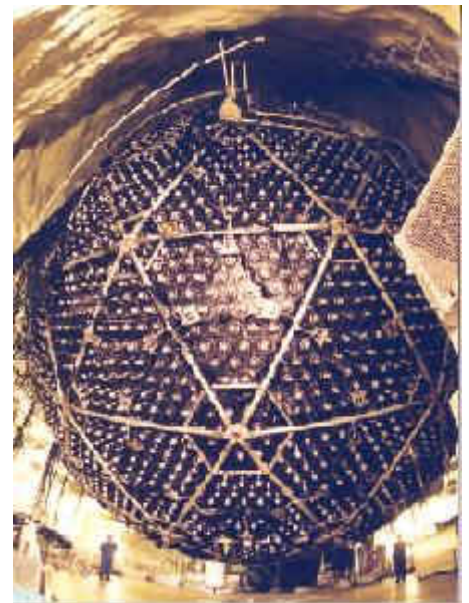
Dan ben je er nog niet. We kunnen namelijk niet alle omstandigheden van de Big Bang in zijn eerste seconden nabootsen met behulp van de materialen op aarde. Hier biedt de kwantummechanica nog een oplossing. De kwantummechanica komt voort uit de theorieën van Einstein en werkt met mogelijkheden en waarschijnlijkheden. Zo krijg je als resultaat van een berekening dat het het meest waarschijnlijk is dat iets in een bepaalde toestand voorkomt.

Met behulp van deze technieken zijn we op het moment aangekomen bij de Planck-tijd. De Planck-tijd wil zeggen 10^{-43} seconde na de Big Bang. Vanaf daar kun je met de kwantummechanica voorspellen hoe deeltjes zich gedragen, omdat daar de kwantumlengte van de deeltjes kleiner is dan de grenslengte. De grens is de Planck-lengte. Al deze begrippen komen uit de kwantummechanica.

Een nadere uitleg. De minimale lengte die een deeltje moet hebben is de Planck-lengte, ongeveer 10^{-33} cm, dat is kleinst bestaande afstand. Wanneer je licht deze afstand laat overbruggen kan je daar de Planck-tijd uit afleiden. De Planck-tijd is de kortst mogelijke tijd die er nog toe doet.

Voor de Planck-tijd is het met de kwantummechanica niet meer mogelijk om het gedrag van deeltjes te beschrijven. Hier houdt de theorie van Einstein dus ook op. Maar ook daar is een theorie voor opgesteld en die zegt dat de vier krachten in het heelal die wij kennen, de zwaartekracht de elektromagnetische kracht en de sterke en zwakke kernkracht, samenkomen in een bepaalde volgorde totdat er één oerkracht ontstaat waaruit onze vier krachten zijn ontstaan vlak voor de Planck-tijd.

Wetenschappers proberen om de wetten die we voor deze krachten hebben opgesteld dus ook te bundelen tot één wet die alles beschrijft. Er moet helaas gezegd worden dat dit wel een onmogelijke opgave lijkt op het moment, bij de eerste twee krachten, beschreven door de kwantumfysica en de gravitatietheorie, die men aan elkaar probeerde te praten is dat nog lang niet gelukt.



De SNO detector.

Hoe vormt de Big Bang het heelal?

Om deze vraag te beantwoorden moet je eigenlijk weten wat voor vormen de Big Bang theorie openlaat voor het heelal.

Alle modellen op een rijtje.

Er zijn met de Big Bang theorie verschillende modellen mogelijk die ons huidige heelal beschrijven.

De simpele theorie van de Big Bang is incompleet en laat vele opties open. Zo heb je het probleem van de singulariteit die suggereert dat het heelal uit één punt ontstond. Maar dat is helemaal niet nodig er zijn meer modellen van een uitbreidend heelal mogelijk waar bij een singulariteit helemaal niet bestaat.

Einstein was de persoon die begon met het opstellen van modellen van het heelal via de natuurkundige wetten die hij zelf had opgesteld en die nu door ons gebruikt worden.

Toen de metingen van Hubble waren verricht wist men zeker dat het heelal moest uitdijen. De metingen van de achtergrondstralingen gaven aan dat het heelal in alle richtingen ongeveer even snel uitdijde en dat wees erop dat de uitdijning van het heelal isotroop is. De gelijkenis van de achtergrondstraling met die van een zwarte straler wijst erop dat de bron ervan ooit ongelooflijk heet geweest moet zijn. Dit is overeenstemming met de gedachte dat er ooit een singulariteit geweest moet zijn met ongelooflijk hoge temperatuur en druk.

Zijn visie van het heelal was dat het statisch was. Hubble had zijn metingen aan sterrenstelsels nog niet verricht en het was dus niet bekend dat de sterrenstelsels van elkaar af bewogen.

Omdat nou een keer was aangenomen dat het heelal statisch was wilde Einstein dit perse in zijn modellen verwerken. Hij had alleen een probleem.

Zijn algemene relativiteitstheorie gekoppeld aan het kosmologisch principe. Leverde hem modellen op waarin altijd of uitdijning van het heelal of inkrimping van het heelal plaatsvond. Dit was niet in overeenstemming met de bekende waarnemingen zover Einstein wist. Hij was namelijk zelf niet een sterrenkundige en had gevraagd aan sterrenkundigen of sterren van de zon af bewogen of ernaar toe bewogen. Zij antwoorden dat het geen van beide was en Einstein nam aan dat het heelal inderdaad statisch moest zijn. Maar hij wist niet dat dit gold voor sterren in ons eigen sterrenstelsel, de andere sterrenstelsels in het heelal bewogen wel ten opzichte van ons sterrenstelsel, maar dat was nog niet bekend. Toen hij dus zag dat zijn modellen krimpende of uitdijende heelallen opleverde dacht hij dat hij het nog niet compleet had en stelde hij een constante op die een statisch model opleverde. Dit werd het Einsteiniaanse model genoemd.

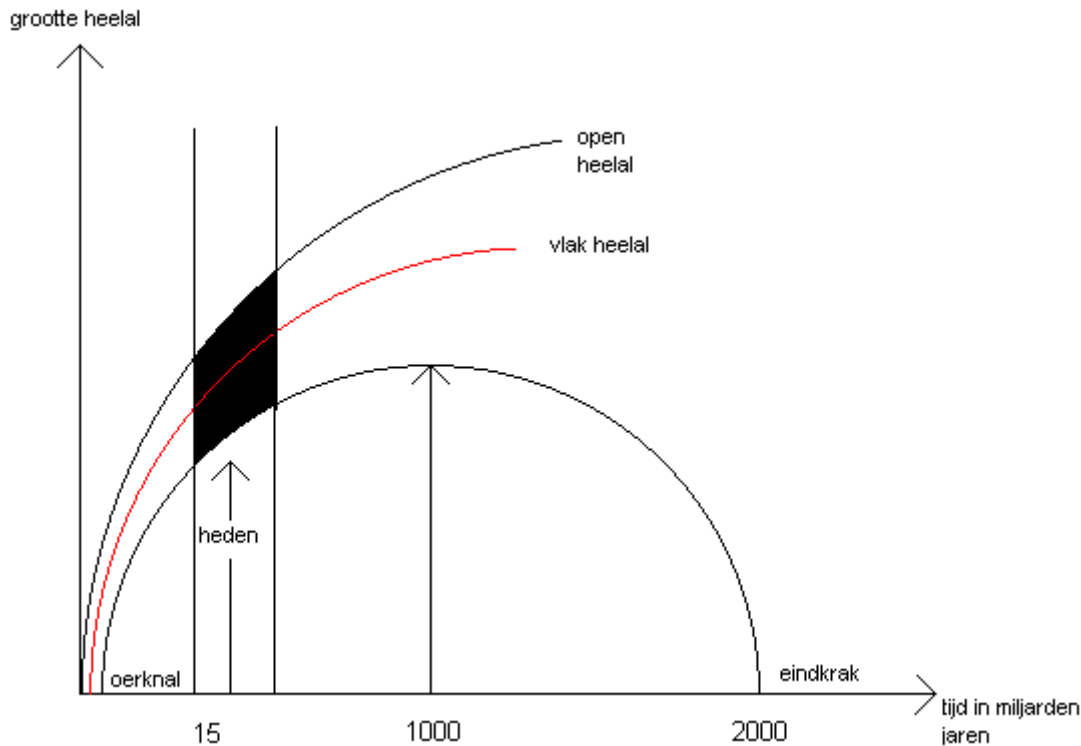
Alexander Friedman, een Russische wetenschapper bekeek Einsteins modellen. Hij kwam tot de conclusie dat het statische heelal dat Einstein gecreëerd had niet het enige mogelijke model was.

Bovendien was Einsteins statische heelal was zo uitgebalanceerd dat de kleinste verandering het heelal weer in beweging zou zetten. Friedman stuurde zijn eigen berekende modellen naar Einstein terug en verklaarde dat het heelal drie mogelijke modellen had via Einsteins algemene relativiteitstheorie en het kosmologisch principe.

Je had volgens Friedman een eeuwig uitdijend 'open' heelal, een kritisch of vlak heelal en een 'gesloten' heelal. Het eerste model wil zeggen dat de uitdijning van het heelal sterker is dan de zwaartekracht van alle materie samen waardoor het heelal eeuwig zal uitdijen, het tweede model zegt dat zwaartekracht teniet gedaan wordt door de uitdijning en daardoor een eeuwig 'vlak' heelal ontstaat en het derde zegt dat de zwaartekracht het uiteindelijk zal winnen van de uitdijning van het heelal en dat daarom het heelal weer zal imploderen tot een eindkrak. Deze modellen worden ook weergegeven met het getal Omega (Ω_0). Dat getal staat voor de

dichtheid van de materie in het heelal en het verband met de uitdijing van het heelal. Dit staat natuurlijk in direct verband met de zwaartekracht die door de materie wordt veroorzaakt en hoe die de uitdijing tegengaat, het komt dus op hetzelfde neer. Wanneer de dichtheid in het heelal boven de kritische dichtheid zit dan zal je een gesloten heelal hebben waarbij het heelal eindigt in een eindkrak, precies op de kritische dichtheid zal een 'vlak' heelal creëren en een dichtheid onder de kritische dichtheid zal een open heelal creëren dat een eeuwig uitdijend heelal veroorzaakt. Het mooie is dat dit in getallen is weer te geven. Het 'vlakke' heelal wordt gegeven door het getal 1.

Recent onderzoek wijst uit dat het getal Omega rond de een ligt. Het moeilijke is alleen dat men niet precies kan zeggen of we er vlak boven, erop of er onder zitten.



Op het model van de 'eindkrak' zijn ook mensen verder gaan denken. Hieruit ontstonden cyclische modellen van het heelal. Een heelal dat uitdijt, weer implodeert en vervolgens weer explodeert.

Ik schreef bewust 'modellen', want er zijn verschillende cyclische modellen mogelijk. Je hebt bijvoorbeeld een model dat zegt dat het heelal steeds in dezelfde mate uitdijt en altijd dezelfde afmetingen zal bereiken voor het weer in elkaar stort. Je kunt je ook indenken dat de explosie steeds groter wordt door de kracht van de implosie. Ook is het model bedacht waarbij de afmetingen van het heelal steeds meer afnemen.

Het simpele cyclische heelal lost heel mooi een groot probleem binnen de Big Bang op, namelijk die van de singulariteit. De singulariteit hoeft met dit model niet te hebben bestaan. In ieder geval heeft de materie in het heelal een beperkte dichtheid en is die niet meer oneindig hoog op een bepaald moment. Dit heb je wel bij een eenmalige Big Bang waarbij ooit in het begin alles ontstaan moet zijn en vervolgens, volgens de Big Bang theorie, de ruimte ingeslingerd is.

Een nog weer ander model is er een die in de vierde dimensie gekromd is. Dit is een later model van Einstein. Hij zei dat de ruimte voor onze ogen onzichtbaar in de vierde dimensie krom was. Het komt hierop neer. Stel je bent een mier. Je loop over de rand van een witte schaal. Je kunt maar twee dimensies zien en je hebt het gevoel dat je alsmaar rechtdoor gaat.

Wij kijken op een afstandje hoe de mier steeds maar weer cirkels loopt over de rand van de schaal. Wij zien dat als de mier recht over zou steken, dat hij dan sneller aan de andere kant van de schaal is dan door over de rand te lopen. De mier ziet dat zelf niet. Voor hem is het allemaal in alle richtingen wit waar hij ook loopt.

Zo zouden wij blind kunnen zijn voor de gekromde “ruimte” van ons heelal. Als wij een kant op zouden gaan zou je misschien wel na lange tijd voor ons gevoel door altijd rechtdoor te gaan, toch weer op dezelfde plaats komen als waar je begon.

De modellen waar men nu mee werkt zijn vooral die van de kwantummechanica. Dit is nog in een vrij jong stadium en werkt voort op de modellen zoals die van hierboven van Einstein.

Het geeft heel nieuwe mogelijkheden doordat de tijd als grootte, die in verband staat met de dichtheid van materie en met ruimte, erin verwerkt wordt.

Het werkt vooral met de Wheeler-DeWitt-vergelijking. Deze vergelijking is de aangepaste versie van die van de gewone kwantummechanica, door de ruimtekrommingseigenschappen van de algemene relativiteitstheorie erin op te nemen. Dit is echter zo ingewikkeld dat ik er niet verder op in ga. Vincent Icke de professor kosmologie in Leiden heeft mij verteld dat ze veel met die vergelijking werken en zei mij dat het te ingewikkeld was om uit te leggen. (lees het verslag van het telefoongesprek)

Moderne kosmologie. Het onderzoek naar de Big Bang op dit moment.

De Big Bang en de theorie van alles staan direct met elkaar in verband. Omdat de Big Bang het begin van alles is en dus ook het begin van alle natuurkundige wetten zou je met de theorie van alles zo kunnen afleiden of de theorie klopt en andersom als je de Big Bang kan bewijzen (het probleem van de singulariteit dus kan oplossen) en geheel verklaren dan heb je de theorie van alles ontdekt. De jacht is dus ook vooral gericht op die theorie.

Dit is een mooi voorbeeld over hoe de wetenschap van vele verschillende takken allemaal bij elkaar komen met de kosmologie.

Het is vooral een kwestie van het juiste gebied kiezen waarin je theorie van alles moet gelden. Dit klinkt heel logisch, maar het grote probleem is dat je dan wel met alle in het heelal voorkomende dingen bekend moet zijn.

Zo had Newton een gravitatie theorie opgesteld maar die was vooral gebaseerd op experimenten op de aarde. Het gevolg is dat deze theorie alle mogelijke experimenten op aarde min of meer exact beschrijft maar dat elders in het heelal zijn theorie niet meer klopt. Daaruit valt dan weer af te leiden dat zijn theorie niet geheel klopt en een benadering is die in aardse experimenten heel dicht bij de exacte waarde komt. Een belangrijke factor in het onderzoek is natuurlijk de techniek. Newton beschikte niet over de techniek zoals wij die nu hebben en hij kon niet zijn theorie testen met experimenten die extreme gevallen van zwaartekracht of snelheid kennen, zoals in hedendaagse deeltjesversnellers.

Je breidt dus feitelijk je theorie van alles steeds meer uit tot deze overal om je heen blijkt te gelden.

De theorie van Newton werd overtroffen door die van Einstein, nu is men op zoek naar een universele theorie die Einsteins theorie weer overtreft.

Onderzoek naar de Big Bang en de oorsprong van het heelal is dus eigenlijk niet meer te scheiden van onderzoek naar de theorie van alles.

Het onderzoek naar de Big Bang op het moment wordt uitgevoerd door grote instituten zoals ESA en NASA. Dit zijn de belangrijkste organisaties die zich bezig houden met het heelal en de oorsprong ervan.

Universiteiten werken vaak samen met deze organisaties. Zo ontstaat een groot internationaal web van organisaties.

De experimenten die gedaan worden hebben vaak ook een enorme omvang. De detectoren voor de kleinste deeltjes in het heelal zijn enorm groot en vaak moeten ze kilometers onder de grond of het ijs worden opgesteld om ervoor te zorgen dat er geen storende deeltjes worden opgevangen.

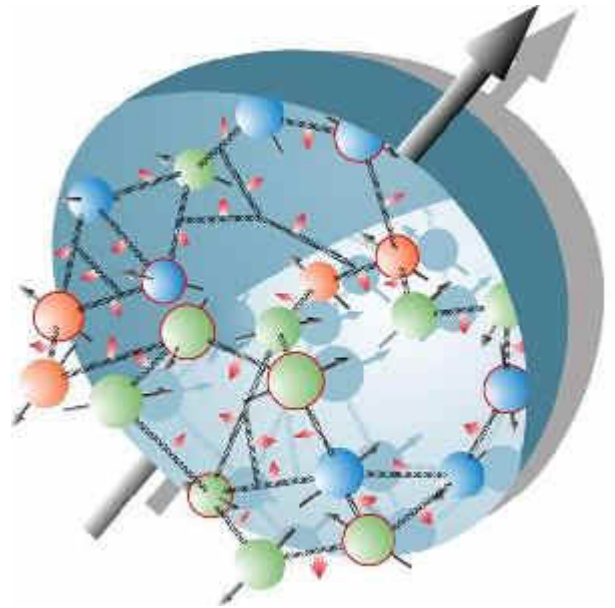
Dit zijn de oorzaken dat zulk onderzoek zo veel geld kost en dus eigenlijk alleen met internationale samenwerking bereikt kan worden.

Recent onderzoek is bijvoorbeeld de zoektocht naar de neutrino's. De resultaten hiervan werden gepubliceerd in 2003. Dat ze echt bestaan is dus nog maar pas bekend. Het SNO is een voorbeeld waar ik al eerder over verteld heb. Dit is een detector die kijkt naar neutrino's die ontstaan bij kernreacties in de zon. Paul Kooijman, professor aan de UvA vertelde mij over zijn experiment in ontwikkeling, ook een neutrino detector die in de middellandse zee zal komen te liggen. Deze detector zou naar neutrino's speuren die afkomstig zijn van een bron in ons melkwegstelsel van fotonen met een ontzettend hoge energie. Deze bron zou een mogelijk

brok 'donkere materie' kunnen zijn. Dat is dan wel meteen ook het meest mooie wat er het onderzoek zou kunnen komen. Hij is namelijk vooral bedoeld om de neutrino's zelf verder te onderzoeken.

Andere Projecten die nu op het moment aan de gang zijn zijn onder andere: HERMES en ZEUS. HERMES is een onderzoek dat vooral door de UvA en het NIKHEF samen wordt gedaan. Hierover heeft Paul Kooijman me verteld, men zoekt in dit onderzoek uit hoe de 'spin' van de protonen worden veroorzaakt door de quarks waar ze uit bestaan.

Het andere onderzoek is ZEUS. Dit onderzoek loopt nu ongeveer tot zijn eind vertelde Paul Kooijman me. Hier was hij zelf een van de hoge pieten, het onderzoek is wel veel internationaler dan HERMES, er doen namelijk wetenschappers mee uit landen als: USA, Japan, Duitsland en Canada. ZEUS doet onderzoek naar botsingen van elektronen en protonen met ontzettend hoge energieën.



Een Proton bestaat uit quarks, je hebt up en down quarks en die zorgen samen voor een 'spin' van het proton.

Een nieuw project is de LHC (Large Hadron Collider), dat wordt 's werelds grootste deeltjesversneller. Hij wordt 27 kilometer lang en zal de protonen die hij gaat versnellen tot bijna de lichtsnelheid versnellen. Hiermee kunnen de wetenschappers dan weer meer te weten komen over het gedrag van deeltjes vlak na de Big Bang.

Op het NIKHEF hadden ze zelf ook ooit een deeltjesversneller maar deze is al afgebroken. De deeltjesversneller was niet geschikt meer voor het onderzoek dat gedaan werd, vertelde Els Koffeman mij.

Ze zei mij ook dat er nog maar heel weinig waren op de wereld. In Nederland was er in ieder geval niet meer een en ander landen die er een hebben zijn er ook maar weinig. Japan Amerika en straks bij het CERN in Geneve (Zwitserland) komt dus de LHC. Volgens Els Koffeman en Paul Kooijman zouden er in totaal nog ongeveer vijf tot zes zijn, maar in de nabije toekomst zouden er nog maar drie zijn (de bovengenoemde) en later zelfs misschien nog maar twee.

Waar de deeltjesfysica op het moment het meest mee bezig zijn en voor alle deeltjesfysica een droom is, is het ontdekken van het HIX deeltje. Dit is het deeltje dat nog ontbreekt in het huidige systeem van deeltjes dat we nu hebben. Paul Kooijman vertelde mij dat in ons huidige systeem minstens een deeltje ontbrak en dat hebben ze het HIX deeltje genoemd. Overal ter wereld worden er manieren bedacht om dit deeltje te vinden.

De mooie menselijke kant van het verhaal is dat iedere deeltjesfysicus eigenlijk hoopt dat hij niet gevonden wordt omdat anders het systeem compleet is en er niet verder gezocht hoeft te worden.

Conclusies

Het antwoord op de van tevoren gestelde hoofdvraag en mijn hypothese moet ik helaas ‘nee’ antwoorden.

Zoals uit mijn werkstuk blijkt zijn de ontwikkelingen op het gebied van de kosmologie erg ingewikkeld en worden stappen die op dit moment gemaakt worden zo gecompliceerd dat met eigen metingen de theorie van de Big Bang niet mogelijk is tenzij ik kosmologie zou gaan studeren.

Dit is ook exact wat Vincent Icke (professor kosmologie in Leiden) mij vertelde. De middelen die worden gebruikt om onderzoek te doen naar de Big Bang zijn vaak enorm technisch en duur.

Men zoekt naar de kleinste deeltjes om verklaringen te vinden voor verschijnselen in het heelal. De experimenten die daarvoor worden opgesteld maken vaak gebruik van dingen als enorme deeltjesversnellers die verschijnselen uit het begin van de Big Bang kunnen nabootsen.

Om waarnemingen te doen aan de Big Bang is minstens net zo moeilijk. Er wordt gezocht met de grootste kijkers die een diameter hebben van enkele meters. Daarmee kan men dan heel diep in de ruimte kijken naar sterrenstelsels die moeten zijn ontstaan vlak na de Big Bang. Hierbij wordt ook veel gebruik gemaakt van satellieten die buiten onze atmosfeer metingen verrichten.

Je kunt je voorstellen dat het niet mogelijk is om zo als geïnteresseerde even een meting te doen of een waarneming, die kan bijdragen aan het onderzoek naar de Big Bang.

De sterrenwachten in Nederland hebben daar al niet meer de techniek voor.

Dit was ook wat ik hoorde van het hoofd van de sterrenwacht in Eindhoven. Zij houden zich voornamelijk bezig met ‘simpel’ (simpeler) onderzoek zoals het in kaart brengen van het oppervlak van de maan en hemellichamen binnen ons eigen zonnestelsel.

Om wat te snappen van de ingewikkelde vergelijkingen die om de hoek komen kijken bij de algemene relativiteitstheorie zal je je eerst moeten verdiepen in de kosmologie en als je dat een keer onder de knie hebt kan je, als je echt goed bent, bijdragen aan het onderzoek aan de Big Bang.

Het antwoord ‘nee’ op mijn hoofdvraag: kan ik met nieuwe metingen de theorie van de Big Bang ondersteunen?, heb ik eigenlijk heel nauw beantwoord. Er staat ik en ik kan dat niet. Een gewoon middelbaar scholierdje is niet in staat dat te doen, tenzij hij of zij na de middelbare school kosmologie gaat studeren.

Maar als je dat ‘ik’ schrapte dan krijg je een heel ander antwoord.

Er is een heleboel kennis nodig om in het onderzoek mee te kunnen doen maar de wetenschappers die nu de Big Bang theorie onderzoeken beschikken hier al over en zij zijn elke dag bezig met nieuwe methoden om de theorie te testen.

Alles wijst steeds meer in de richting van de kwantummechanica. Dit is op het moment de onderzoeksmethode samen met de deeltjesfysica. Het zijn de speerpunten in het onderzoek naar hoe het heelal is ontstaan.

Voor wetenschappers zelf is het antwoord op de vraag “Kan ik met nieuwe metingen de theorie van de Big Bang ondersteunen?”, dus niet nee, maar ja. Er zijn nog genoeg dingen die onderzocht kunnen worden en die invloed hebben op onze heelalmodellen. De geschiedenis

laat ook zien dat met de ontwikkeling van nieuwe techniek steeds weer nieuwe vragen en antwoorden gevonden worden.

Mijn deelvragen kon ik ook wel beantwoorden. Ik heb elk beantwoord in een apart hoofdstuk. Alleen deelvraag drie “Wat zijn de effecten/verschijnselen ten gevolge van de Big Bang?” (aangevuld door Rob: Wat zijn mijn eigen metingen?), heb ik voor een deel opgenomen in deelvraag vier “Hoe vormt de Big Bang het heelal” en ik zal zelf een experiment doen, vijftien maart '05 dat mijn eigen metingen zal opleveren. Verder is deze deelvraag een beetje verspreid over alle hoofdstukken omdat alles wat ik beschreef natuurlijk een gevolg is van de Big Bang.

Nawoord

Ik vond het heel erg leuk om dit werkstuk te maken. Zoals ik al zei in het voorwoord had ik nogal wat vragen over dit onderwerp, ook naast de vragen die ik als deelvragen had neergezet. Op al deze vragen heb ik wel een antwoord gekregen al zijn ze niet altijd helemaal volledig geweest.

Ik heb wel een enorme berg aan informatie gekregen over hoe het er nu voorstaat met de onderzoeken naar het heelal en de Big Bang.

Zo'n uitstapje naar het NIKHEF en de gesprekken met de mensen daar zijn heel erg nuttig geweest. Ook het gesprek met Vincent Icke over de telefoon was heel goed te gebruiken. Alleen al het gesprek met deze mensen is heel erg leuk om een keer mee te maken. Maar goed daar heb ik verslagen van geschreven.

Mijn eigen beeld van de Big Bang is ontzettend veranderd. Dit heb ik ook af en toe aangegeven als ik een verschil opmerkte tussen wat ik schreef en wat ik in het voorwoord had staan. Dingen als de singulariteit heb ik nog nooit zo onderzocht en ook de theorieën over wat er voor het heelal was heb ik nooit zo bekeken.

Wat ik verrassend vond was dat ik steeds meer verzeild raakte in de deeltjesfysica. Uiteindelijk bleek ook dat het meeste onderzoek daar gedaan wordt, dit was ook iets totaal nieuws voor mij.

Het moeilijke van dit werkstuk vond ik om alles op een begrijpelijke manier neer te zetten. Sommige dingen lopen zo makkelijk in elkaar over. Dit is bijvoorbeeld de oorzaak van het feit dat ik deelvraag drie niet letterlijk in mijn hoofdstukken heb staan. Bovendien is alles heel abstract en is het moeilijk om een goed voorbeeld te geven van wat er bedoeld wordt. Even hierover discussiëren en wat voorbeelden lezen helpt daar wel goed bij, maar het bleef lastig.

Ook door het gebrek aan kennis is moeilijk. In het gesprek met Vincent Icke werd me wel al duidelijk dat de vergelijkingen waarmee er gewerkt werd te moeilijk waren om zo een twee drie door te werken. Ik ben dan ook niet te veel ingegaan op de kwantummechanica. Ik heb geprobeerd een iets duidelijker beeld te scheppen over onderzoek naar de Big Bang en het heelal, hoe dat gaat en wat er op het moment gebeurt. Ik hoop dat dit een beetje naar voren gekomen is in dit werkstuk.

Sander Meijer 6W

Bronnen

Internet:

- <http://www.strw.leidenuniv.nl/~icke/>
- http://home.hetnet.nl/~genesis/Faqs/faq_heelal.htm
- <http://www.astro.uva.nl/encyclopedie/heelal.html>
- <http://www.sterrenkunde.nl/index/>
- <http://www.omroep.nl/schooltv/sites/studiehuis/nt/nt2b1.htm>
- <http://www.lspns.nl/>
- <http://www.eddyechternach.nl/artikelen/uitdijning.html>
- <http://www.astro.virginia.edu/~dmw8f/sounds/cdromfiles/index.php>
- <http://www.kennislink.nl/web/show?id=124796&vensterid=811&cat=60360>
- <http://lambda.gsfc.nasa.gov/>
- <http://www.kijk.nl/artikel.jsp?art=9499>
- http://www.seds.org/messier/more/m051_hst.html
- <http://www.nikhef.nl/>
- <http://www.wetenschapsforum.nl/viewtopic.php?t=4997>
- <http://www.anzwers.org/free/universe/>

E.a.

Boeken:

- 'De oerknal' door Dr Norbert Pailer
- 'Kosmologie de kortste introductie' door Peter Coles
- 'De oorsprong van het heelal' door John D. Barrow

Tijdschriften:

- KIIJK

Anders:

- Els Koffeman van het NIKHEF
- Paul Kooijman van de UvA
- Klaas Wiersema van de UvA
- Vincent Icke van Universiteit Leiden
- Jo Haagen van sterrenwacht Eindhoven.

Bijlage

Experiment

Ik ben van plan om naar de deeltjesversneller te gaan van het NIKHEF (Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge-Energiefysica) in Amsterdam.

Daar wil ik nu ook graag meedoen aan een masterclass over elementaire deeltjes die ontstaan bij de experimenten met de deeltjesversneller. Je krijgt eerst een paar inleidende colleges en daarna ga je ook echt met de versneller aan de gang. Dit leek mij een buitenkans en ik heb me meteen aangemeld. Het probleem was alleen dat ik dat pas 15 maart kon doen. Ik heb met Rob Hazelzet overlegd en hij heeft het goedgekeurd, ik wacht nu nog op een antwoord van het NIKHEF. Ik heb ook gevraagd of ik in ieder geval langs kan komen om wat vragen te kunnen stellen over de deeltjesversneller. Ik ben van plan om dat in de aankomende vakantie te doen.

Logboekje van belangrijke stappen in de productie

Ik heb op Internet de volgende site (<http://www.lsp.nl/>) gevonden, toen ik eens was gaan zoeken op school in een asp uur.

Op maandag 3 januari '05 nam ik contact op met de Philips Sterrenwacht in Eindhoven. De secretaris (en doctor) Jo Haagen was degene die mijn mail ontving. Ik had gevraagd of ze mij konden helpen met mijn vragen die ik had over de big bang en of ze misschien of waarnemingen of metingen verrichten aan de big bang of iets dat daar mee te maken had. Jo Haagen vertelde mij dat ze daar niet de apparatuur voor hadden en dat ze me alleen konden helpen met kleinere problemen/vragen zoals 'hoe hoog is de hoogste berg op de maan?'. Hierna heb ik verder gezocht naar mensen om contact mee op te nemen.

Ik heb een keer uit het universiteiten gidsje alle universiteiten uitgezocht waar je sterrenkunde kon studeren. Dit lijkt mij namelijk best leuk. De UVA leek mij het makkelijkst omdat het zo dichtbij was. Ik heb toen bedacht dat ik met de UVA ook wel contact kon opnemen voor mijn vragen.

Ik kreeg op vrijdag 7 januari '05 van (ik denk een studente) Mariska Enneking een mail terug. Zij vertelde mij dat de vragen waren doorgestuurd naar de sterrenkundigen daar en dat als ik eens wilde komen (voor de studie) dat ik dan op een bezoekersdag kon komen.

Op zich was ik wel blij dat mijn vragen naar de sterrenkundigen waren doorgestuurd. Maar ik was bang dat ik weer niet echt geholpen kon worden. Daarom heb ik er eens met mijn vader over gehad. Hij kwam met Vincent Icke, Vincent Icke is een professor aan de universiteit Leiden en hij zou ook aan sterrenkunde doen.

Ik heb toen direct gezocht naar Icke op het Internet. Ik vond een webstek van hem met zijn E-mail adres erop. Hier heb ik meteen mijn vragen weer naartoe gestuurd.

Maandag 10 januari '05 kreeg ik een mail van Klaas Wiersema. Klaas Wiersema was de sterrenkundige aan de UVA die mijn vragen had ontvangen. Hij vertelde mij dat ik bij hen ook deze experimenten of waarnemingen niet kon doen omdat ze de apparatuur niet hebben. Hij zei dat in Nederland deze apparatuur niet was en dat dit soort onderzoek internationaal was. Kleinschaligere experimenten had hij ook niet voor mij, maar ik moest van hem maar eens contact opnemen met Leiden. Daar was ik wel blij mee, want dat had ik immers al gedaan, ik wacht alleen nog op antwoord. Hij zei me ook dat hij wel wat kosmologische opdrachtjes had en dat hij mijn vragen altijd wel wilde beantwoorden. Ik heb daar meteen op gereageerd, ik wil graag die opdrachten ontvangen en ik heb hem de vraag gesteld hoe het kan dat het heelal plat kon zijn (een soort conclusie uit meerdere artikels), ik ben benieuwd naar zijn antwoord.

07-02-05

Ik heb nu een mail gestuurd naar het NIKHEF om me aan te melden voor de masterclass die ze gaan houden. Ik hoop dat ik eraan mee kan doen zo kan ik toch iets van een experiment doen. Je krijgt namelijk eerst wat inleidende colleges en daarna kan je zelf een experiment doen met de deeltjesversneller.

Ik heb ze ook gevraagd of ik er gewoon een keer langs kan komen om vragen te stellen over de deeltjesversneller die ze er hebben.

Telefoongesprek met Vincent Icke:

17-01-05

Ik belde vandaag naar Vincent Icke omdat hij nog niet op mijn mailtje had gereageerd en ik toch benieuwd was naar wat hij me te vertellen had.

Vincent Icke nam zelf direct op en ik kon meteen beginnen met mijn vragen te stellen.

Ik vertelde hem dat ik een 6 vwo leerling uit IJlstad was met vragen over mijn profielwerkstuk.

Hij zei: dat ligt eraan waarover het gaat.

Toen vertelde ik hem dat ik mijn profielwerkstuk hield over de big bang en dat ik allerlei vragen had over het heelal.

Hij antwoordde meteen met: Dat is heel moeilijk.

Na mijn vraag of hij me misschien een model experiment kon geven of dat ik waarnemingen kon doen of iets dergelijks, kwam hij meteen met het antwoord dat ik daar niet op moest rekenen. "Waarnemingen of experimenten zet die maar uit je hoofd" "Dat is gewoon veel te moeilijk" "Er gaat veel te veel kennis bij komen om daar iets mee te kunnen, Bovendien is de apparatuur veel te geavanceerd en te duur om zomaar aan te komen."

De eerste indruk die hij had van mijn profielwerkstuk was dat ik vooral veel moest schrijven over de huidige onderzoeken op dit gebied en de voortgang daarvan. Ik moest er volgens hem achter komen wat de recente vraagstukken waren omtrent de big bang en de beweging van het heelal.

Zelf meedoen aan een onderzoek of een bijdrage doen aan een onderzoek is veel te moeilijk, dat was het werk dat hij zelf deed als professional en de studenten aan de universiteit. Ik moest als ik dat wilde zorgen dat ik hoge natuurkunde en wiskunde cijfers haalde op mijn school en dan ook sterrenkunde gaan studeren.

Ik zei hem dat ik al begonnen was in een boekje van John Barrow "De oorsprong van het heelal". Hij kende het boekje, of althans de schrijver, maar die was hem iets té populair. Hij raadde me aan om het boekje "Kosmologie de kortste inleiding" te lezen van Pieter Coles. Volgens hem is dat een heel goed boekje waarin de huidige vraagstukken over het heelal staan en de voortgang van de wetenschap op dit gebied. Ik zou zo niet veel moeite hoeven te verspillen en lekker snel "in" het onderwerp geïntroduceerd worden.

Hij vertelde me ook dat ik mijn hypothese "Kan ik zelf wat meten aan de big bang?" heel makkelijk kon beantwoorden met "nee". Hij vroeg me of ik nog iets moest voordragen aan mijn klas over mijn profielwerkstuk, wat inderdaad het geval is. Hij zei me toen dat ik dan, omdat het nogal makkelijk klinkt als je gewoon "nee" antwoord op je hypothese, moest vertellen waarom niet. Gewoon zeggen: "Nee het kan niet want:..." en hij noemde wat voorbeelden. Voor waarnemingen in de ruimte bouwen ze kijkers met een doorsnee van 10 meter, zoals in Chili (waar ze er vier hebben). Als je een gemiddeld kijkertje haalt voor de amateur kijker zou je kunnen uitrekenen hoe lang het zou duren voordat je dat soort

waarnemingen zou kunnen doen. Al gauw zal je dan in de tienduizenden jaren van observeren lopen. Dan zal men in je klas zeggen van: “Ja, dat snappen we dat is niet te doen.”.

Om iets van deze vragen te kunnen beantwoorden zou ik volgens hem de vergelijking van de beweging in het heelal moeten kennen. Om die te kennen zou ik eerst weer vele jaren moeten studeren. Ik heb hem gevraagd of er iets van deze vergelijking in het boekje staat dat hij me aanraadde en hij zei dat ze het er wel over hadden, al was het niet helemaal uitgewerkt.

Ik zei hem ook nog dat ik al een paar vragen had over de stof die ik al gelezen heb. Ik mocht hem er wel een stellen en ik heb hem gevraagd hoe het zat met het getal Omega en dat we daarmee zo dicht bij de waarde 1 zaten en waarom we dan een PLAT heelal zouden moeten hebben? Hij antwoorde me weer dat dit een erg hoog gegrepen vraag was en dat je dan weer meer kennis over de vergelijking van de beweging van het heelal moest hebben. Hij vertelde me dat je in het kort er dit over kon zeggen: De kromming van het heelal draagt bij aan de versnelling. (Is een term/factor in de versnelling) De kromming van het heelal en de versnelling waren inwisselbaar met elkaar. Ik vroeg hem hoe dat dan kon dat mijn vraag eigenlijk is waarom het heelal plat is als de waarde dan 1 is en waarom ze inwisselbaar zijn? Hij zei me nog eens dat de kromming aan de versnelling bijdraagt en dat wanneer de versnelling constant is er dus geen kromming is. Dat wil dus zeggen dat het heelal plat moet zijn. Mits de waarde precies 1 is.

Hij begon nog over de sterrenwacht in Eindhoven waarmee ik contact heb gehad. (ik had hem over mijn mail verteld) en zei me dat ik dat voortaan, als ik me met amateurs sterrenwachten bezig hield, dat ik dan dat parallel moest doen met onderzoek over dit soort onderwerpen. Ik mocht het wel heel leuk vinden en anderen enthousiast maken om dat te doen maar het was wel een heel ander soort kosmologie/sterrenkunde.

Hij zei me ten slotte dat ik als ik door het boekje dat hij me had aangeraden heen was dat ik dan gerust hem nog kon mailen en dat hij me misschien nog wel een stuk van een van zijn colleges kon sturen waar wat meer informatie in stond over o.a. de vergelijking van de beweging van het heelal.

Toen wenste hij me succes en hebben we opgehangen.

Het telefoongesprek duurde een dik kwartier en Vincent Icke heeft heel uitgebreid dingen duidelijk gemaakt, ook met wat herhalingen, naast al deze punten in het gesprek ben ik vast wat kleinigheden kwijtgeraakt. Maar hij heeft me een flink eind op weg geholpen met de informatie die ik kan vinden.

24-02-05

Ik ben naar het NIKHEF geweest voor mijn afspraak met Els Koffeman die me daar zou rondleiden en mijn vragen zou beantwoorden.

Mijn vragenlijst was als volgt: Vragen

Werken jullie samen met sterrenkundigen

- Ik heb in mijn werkstuk staan (ik heb dat namelijk gelezen) dat deeltjesfysica veel te maken heeft met kosmologie en andersom. In hoeverre zie je dat hier terug? Klopt het?
- Hebben jullie wel eens deeltjes ontdekt? En in relatie met kosmologisch onderzoek?
- Is er geen maximum aan de experimenten die je met deze deeltjesversneller kan doen? Ik bedoel, hij is vast eens gebouwd met het idee voor een bepaald onderzoek te worden gebruikt. Maar je wilt hem natuurlijk niet eenmalig gebruiken. Met oog op welk onderzoek is deze deeltjesversneller gebouwd?

- Is het niet zo dat je op een gegeven moment alle interessante experimenten met de deeltjesversneller gedaan hebt?
- Kan je de deeltjesversneller op verschillende manieren gebruiken, of heeft elk experiment dezelfde opzet?

Ik bestudeer de Big Bang in mijn werkstuk, bij de Big Bang is er sprake van een oneindig dicht punt dat ooit het begin moet zijn geweest (de singulariteit). Niemand weet nog hoe deeltjes zich gedragen in de extreme omstandigheden die er in het begin van het heelal moeten zijn geweest. Het gedrag van deeltjes onder extreme omstandigheden bestuderen is daarom ook een soort van terugreizen in de tijd vlak na de Big Bang.

Hoever kunnen jullie terug in de tijd met deze deeltjesversneller? Tot welke deeltjes? Wat zijn de meest extreme omstandigheden die je kunt creëren met deze deeltjesversneller?

Ik ben niet echt aan specifieke vragen toegekomen. Els Koffeman heeft mij een aantal detectors laten zien, waarvan de opstellingen gewoon in de binnenkomsthal stonden. Deze detectors detecteerden geladen deeltjes. De eerste die ze me liet zien detecteerde muonen, muonen zijn producten van straling uit de ruimte, ze vliegen sneller dan het licht door de ruimte en daardoor kunnen ze met hun korte verval tijd toch een behoorlijke levensduur hebben omdat hun 'interne klok' anders loopt dan onze die wij op aarde hebben. De detector bestond uit een kast met een stuk of 20 platen die een paar centimeter boven elkaar geplaatst waren en die onder hoge spanning stonden. Er stonden ook veel computers in die kast die al het rekenwerk deden aan zo'n muon. Als er een muon door die platen schiet, dan bestaat de kans dat hij zijn lading verliest en dat is dan te zien als een mini bliksemflitsje. Lang niet alle muonen worden gezien die door de detector gaan, maar het waren er wel ongeveer 1 tot 2 per 3 seconden.

Een andere detector die er stond was eentje die alle geladen deeltjes in de ruimte opving. Het ging dan om elektronen en a deeltjes. Het was een glazen bak die verkoelt was met stikstof en waar alcohol damp op neersloeg. Je kreeg op die manier een plaat waarop de sporen van de deeltjes te zien waren in de neergeslagen damp van de alcohol. Je zag dan vele dunne lijnen die ongeveer 2 seconden te zien waren. De elektronen waren te zien aan de hele dunne lijnen en de a deeltjes kon je herkennen aan de dikkere lijnen. Volgens Els Koffeman kwamen die a deeltjes uit het beton van het gebouw.

Naast deze detector stond een voorbeeld van een detector die ontzettend technisch was. Hij was zeg maar half afgemaakt, waardoor je mooi de binnenkant nog kon zien. Dit soort detectors wordt nu veel meer gebruikt. De resultaten die eruit komen worden in een computer verwerkt en daar rolt dan een mooi grafiekje uit.

Els Koffeman vertelde mij ook dat de deeltjesversneller die ze hadden op het NIKHEF niet meer bestond. Hij was een tijd geleden al afgebroken omdat de snelheden die ermee gehaald werden niet meer voldeden aan de snelheden die nodig waren in de recente onderzoeken. Dit is dus een antwoord op mijn vraag hoe het zit met zo'n deeltjesversneller, of die niet ooit 'af' is. Ze vertelde me ook dat in Nederland zelf geen andere deeltjesversnellers meer voorkwamen. In de toekomst zouden er wereldwijd nog maar een paar zijn. In Tokio in Amerika Duitsland en de LHC in het CERN.

Hierna kwam er een professor, meneer Paul Kooijman, die mij volgens Els nog wat proefopstellingen zou laten zien waar mensen die een experiment wilden doen voor hun profielwerkstuk gebruik van konden maken.

Het bestond uit drie buizen waarvan er twee boven elkaar hingen. In deze buizen zat een gel die de muonen kon detecteren doordat die een lichtflitsje veroorzaakten. De derde buis was voor correcties voor de plaats waar het gemeten deeltje door de andere buizen ging. Ook in deze opstelling had je het probleem van vele onbekenden zoals de tijd die het kostte om de waarneming van lichtflitsjes naar de computers te sturen. Dat komt omdat je meet met een nauwkeurigheid van een paar microseconden. Voor al die onregelmatigheden zaten er dus ook weer vele technische zaken aan gekoppeld om ze weg te rekenen. Uiteindelijk gingen ook hier de resultaten naar een computer die ze netjes weergaf.

De bedoeling was dat je twee keer zou meten, de eerste keer met een andere afstand tussen de buizen dan de tweede keer. Hierna kon je met formules uit de metingen de snelheid van de muonen afleiden.

Paul Kooijman verklapte mij dat de snelheid die je uiteindelijk vond lager zou liggen dan dat ie theoretisch zou zijn. Dat kwam door al het beton van het gebouw. Hierdoor verloren de muonen een deel van hun energie en hun snelheid.

Ik heb hierna nog een tijd met Paul Kooijman over onderzoeken gepraat die zij deden. Zelf was hij leider bij het onderzoek ZEUS dat hij zelf had opgesteld. En hij vertelde me over onderzoek in Amerika over protonen. Die zouden een bepaalde spin hebben die veroorzaakt wordt door quarks en men probeert erachter te komen hoe de up quarks en down quarks de spin van het proton beïnvloeden. En een derde onderzoek dat ze deden bij het NIKHEF was een onderzoek naar quarkplasma. De bedoeling van dit onderzoek was om de quarks die door het proton bij elkaar gehouden worden, om die binnen het proton tot plasma op elkaar te persen zodat een bolletje plasma ontstaat die los in de ruimte van het proton 'zweeft'. Dit plasma zou de toestand kunnen zijn van het heelal in zijn eerste seconden.

Hij had ook nog een model van een onderzoek dat hij nog ging doen in de toekomst. Het was een opstelling van bollen aan kabels die aan de bodem van de Middellandse Zee zouden worden bevestigd verspreid over een ruimte van ongeveer een kubieke kilometer. Deze bollen zouden neutrino's moeten waarnemen. In deze opstelling wordt de aarde zelf gebruikt als plaatje om de neutrino's in op te vangen. Het is dus niet zo dat de neutrino's van boven het water komen, ze komen uit de bodem. Het geheel staat onder water zodat je geen last hebt van invallend licht of rondvliegende geladen deeltjes.

Hij hoopte met dit onderzoek neutrino's waar te nemen die de bron van gemeten fotonen die een hele hoge energie hebben te aangeven. Neutrino's zouden doordat ze allemaal ongeveer recht naar beneden komen, of in ieder geval allemaal parallel aan elkaar, goed kunnen aangeven waar ze vandaan komen.

Als ze de bron van de energierijke fotonen kunnen vinden dan heb je misschien ook een bron of een stuk donkere materie te pakken. Dat is een laatste doel, als al het andere lukt, van dit onderzoek: het onderzoeken van donkere materie.

(donkere materie → Groningen sterrenkunde presentatie van student over afbuigingen van lichtgevende objecten door zwaartekracht als men focust op een sterrenstelselcluster en kijkt naar de rare lijnen (uitgesmeerde objecten die zich achter het cluster bevinden.) deze lijnen geven een uitkomst in het onderzoek naar donkere materie doordat ze kunnen zien waar die materie zich moet bevinden om met de te ziene zwaartekracht samen het licht van achterliggende objecten op dergelijke manier af te buigen.)

Als laatste vertelde hij me dat alle deeltjesfysica op het moment zochten naar het minstens ene deeltje dat de theorie over alle deeltjes compleet zou maken. Dit deeltje heette de HIX. Hij zei letterlijk: 'Ja, als je dat deeltje vindt dan gaan we wel een feestje bouwen.' Hij zei me ook dat

ze ergens ook stiekem hoopten dat het niet gevonden werd of althans niet één deeltje zou zijn omdat dan alles 'af' zou zijn.