

WETENSKAPLIKE BYDRAES VAN DIE PU VIR CHO

Reeks H: Inouguerele Rede nr. 101

DIE MODERNE KOSMOLOGIE

H. Moraal

Rede uitgespreek op 7 Junie 1985 by die aanvaarding van Professoraat in Fisika aan die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys

Departement Sentrale Publikasies

Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys

Potchefstroom

1985

Die Universiteit is nie aanspreeklik vir menings in die publikasies uitgespreek nie.

Navrae in verband met die *Wetenskaplike Bydraes* moet gerig word aan:

**Die Direkteur
Departement Sentrale Publikasies
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
2520 POTCHEFSTROOM Suid-Afrika**

The University does not hold itself responsible for the opinions expressed in the publications.

Inquiries in connection with the *Wetenskaplike Bydraes* must be addressed to:

**The Director
Central Publications Department
Potchefstroom University for Christian Higher Education
2520 POTCHEFSTROOM South Africa**

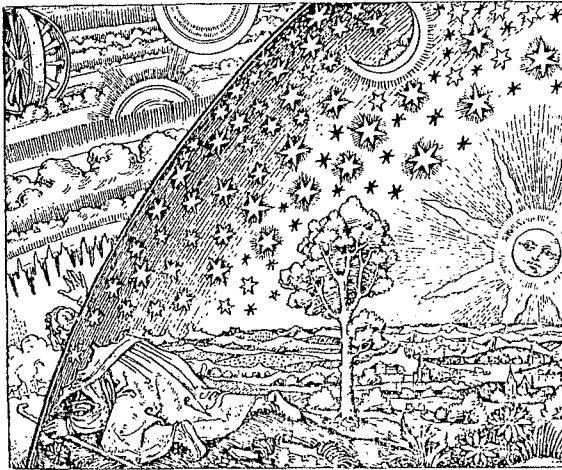
© 1985

ISBN 0 86990 859 6

DIE MODERNE KOSMOLOGIE

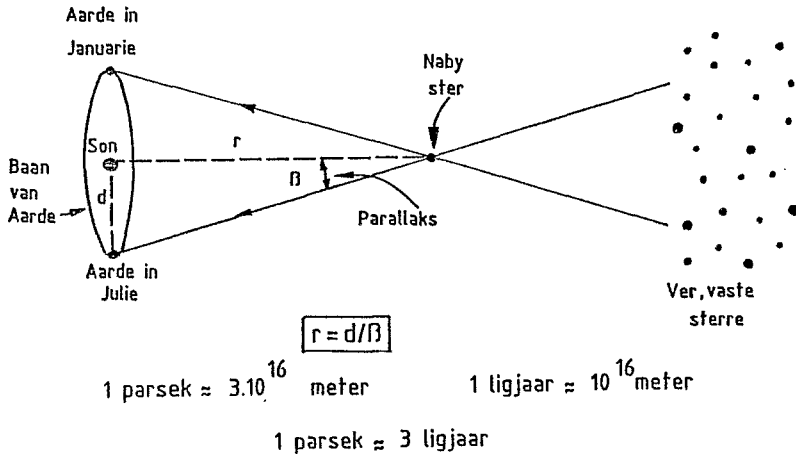
1. INLEIDING

Die panorama van 'n wolklose nag vol sterre het deur die eeue dieselfde vrae by die mens laat opkom: Wat is daar bo en waar kom dit vandaan? My vakgebied behels om deur middel van die bekende natuurwette te bereken wat daar bo is en waar dit vandaan kom. Daarby vra die mens waarom dit daar is, en 'n geleentheid soos dié van vanaand is daar om weer 'n slag hieroor te besin.



Figuur 1: Oorgeneem uit Callahan (1977).

Die naam kosmo...logie beteken letterlik heelal...bespreking. Daar bestaan feitlik geen beskawing wat homself nie aktief daarmee besig gehou het nie. Hoogtepunte was die Babiloniese, Griekse, en sestiende- en sewentiende-eeuse astronomieë wat geëindig het met Newton se bewegingswette en sy universele swaartekragwet. Die kosmologiese beeld wat hieruit voortvloei is vanweë algemene opvoeding aan ons almal goed bekend. Deur suiwer klassieke metodes en waarnemings (dié afgelope 400 jaar met steeds groter teleskope) "weet" ons dat die aarde rond is met 'n bekende straal en massa, dat dit soos ander planete om die son wentel, wat 150 miljoen kilometer van ons verwyder is, dat sommige planete satelliete of mane het, en dat die son maar een van miljarde soortgelyke sterre is. Verder neem ons deur gewoon in die naghemel op te kyk daarvan kennis dat die sterre in 'n sogenaamde melkweg of galaksie van sterre gegroep is.



Figuur 2: Die parallaksmetode vir afstandbepaling.

Die sleutelvraag in die astronomie was nog altyd hoe afstande na hemelliggame uit tweedimensionele fotografiese beelde bepaal kan word. Vir hierdie komplekse probleem is daar verskeie indirekte metodes ontwikkel. Die parallaksmetode (Figuur 2) werk goed vir nabygeleë voorwerpe. Uit die gemete parallakshoek of verskuiwing van 'n hemelliggaam oor 'n halwe jaar, en die bekende son-aardafstand is die afstand na die ster uit driehoeksmeting bekend. 'n Ster wat 'n parallaks van 1 boogsekonde gee is 3.10^{16} m weg en hierdie afstand heet een parsek. Een parsek is 3,16 ligjaar, waar 1 ligjaar die afstand is wat lig in een jaar teen 300 000 km/s aflê. Hierdie metode faal kennelik vir baie ver sterre omdat die parallakshoek te klein word. Die gemete ligenergie, ℓ , van 'n ster word egter gegee deur

$$\ell = L/(4\pi r^2),$$

waar L die werklike of absolute tempo van uitstraling is. Gevolglik is

$$r = \sqrt{L/(4\pi\ell)}.$$

Om r te bereken moet ons L ken. As eerste probeerslag sou mens kon raai dat $L=L_{\text{son}}$. Hieruit volg dan dat vir die naaste ster, wat ongeveer 10^{11} keer swakker as die son skyn dat,

$$r/r_{\text{son}} = \sqrt{(\ell_{\text{son}}/\ell)} = \sqrt{10^{11}} \approx 300\,000.$$

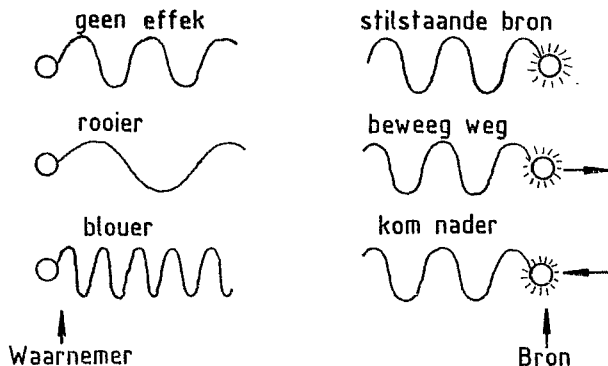
Gevolglik is $r \approx 2$ parsek ≈ 6 ligjaar, 'n resultaat wat alreeds aan Isaac Newton bekend was. Hierdie helderheidsmetode vir afstandsbepaling kan op verskeie maniere verfyn en uitgebrei word om sodoende 'n "maatstok" vir die hemelruim te maak.

Dit is 'n groot belevenis om te sien hoe 'n fotografiese plaat van 'n teleskoop ontwikkel. Mens "sien" letterlik hoe die sterre op die plaat ontwikkel en verskyn, maar dat sekere diffuus en ongedefinieerd bly. Hulle het in die verlede as newels bekend gestaan, maar is later met behulp van kragtiger teleskope opgelos as "stereilande", dit wil sê galaksies heeltemal onafhanklik van ons eie. Een van die mooiste hiervan is die galaksie M31 of Andromeda. Dit is 2 miljoen ligjaar van ons af en is byna 'n tweeling van ons eie. So 'n roterende galaksie met spiraalarms bevat ongeveer honderd miljard (10^{11}) sterre en is ongeveer 60 000 ligjaar in deursnee. Ons sonnestelsel lê ongeveer 2/3 vanaf die middelpunt in ons eie galaksie. Sestig jaar gelede was dit nog mode om te aanvaar dat die heelal uit slegs een so 'n stelsel bestaan. Vandag kan ons minstens 100 000 keer verder die heelal inkyk en ons weet van minstens tien miljard sulke sterrestelsels!

2. DIE ONTSTAAN VAN DIE MODERNE KOSMOLOGIE

Gedurende die jare twintig van ons eeu het die kosmologie 'n drastiese revolusie ondergaan, deurdat Edwin Hubble in 1929 die lank reeds bestaande vermoede finaal bevestig het dat die heelal nie stasionêr is nie.

Die Doppler-effek (Figuur 3) voorspel dat as 'n lig- of geluidbron van 'n waarnemer af wegbeweeg, die golflengte van die waargenome lig langer word. In die geval van lig heet dit 'n rooiverskuiwing, omdat rooi lig in die langgolflengtegebied van die sigbare spektrum lê. Omgekeerd sal bronne wat na die waarnemer toe beweeg 'n blouverskuiwing van die lig gee.

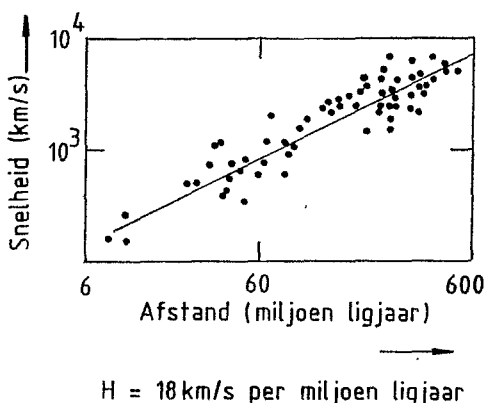


Figuur 3: 'n Voorstelling van die Doppler-effek.

Dit klink logies om te verwag dat ongeveer eweveel rooi- en blouverskuiwings onder die sterre sal voorkom. Behalwe vir statistiese fluktuasies het Hubble egter slegs rooiverskuiwings waargeneem! Alle hemelliggame beweeg dus weg van ons af, en Hubble kon ook vasstel dat hoe verder die voorwerp weg is, des te vinniger beweeg hy weg. Die lineêre Hubble-wet word in Figuur 4 voorgestel, en die Hubble-konstante is

$$H = 55 \text{ km/s per Megaparsek} = 18 \text{ km/s per miljoen ligjaar.}$$

Dit beteken dat vir elke miljoen ligjaar wat 'n voorwerp verder van ons weg is, dit 18 km/s vinniger van ons af wegbeweeg.



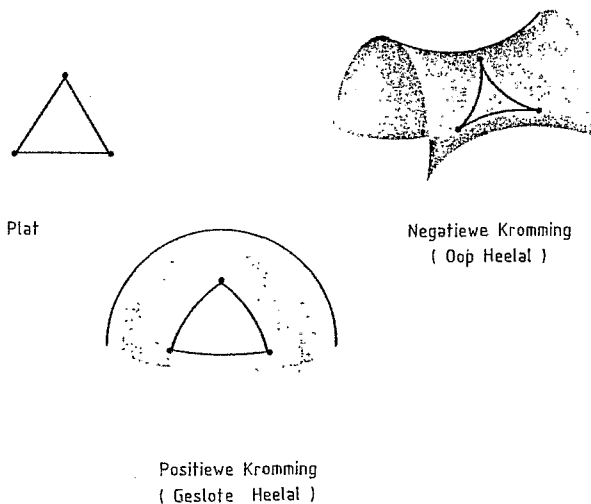
Figuur 4: Hubble se uitdyingswet vir die heelal.

Die Hubble-ontdekking klink gerusstellend. Aangesien alles in die heelal van ons af wegbeweeg is ons in die middel daarvan en dus terug by die ou kosmologie van 'n geosentriese of minstens heliosentriese heelal. Ons mag dit egter ook 'n egosentriese heelal noem, waarin die Relatiwiteitsteorie alreeds 'n duik geslaan het voordat dit nog deeglik gepropageer kon word.

Die Spesiale Relatiwiteitsteorie wat in 1905 deur Albert Einstein ontwikkel is, het as aanname dat ligsnelheid 'n universele konstante is met 'n waarde van 300 000 km/s en dat absolute ruimte en tyd nie bestaan nie. 'n Gevolg hiervan is dat mens nie die posisie van 'n voorwerp as funksie van die tyd: $x(t), y(t), z(t)$ moet meet nie, maar dat tyd 'n onafhanklike koördinaat van die vierdimensionele ruimte (x, y, z, t) is. Dit lei onder andere daartoe dat klokke wat met konstante snelheid beweeg stadiger as stilstaande klokke loop, en dat voorwerpe wat met konstante snelheid beweeg korter word. In sy Algemene Relatiwiteitsteorie van 1915 het Einstein ook versnellende voorwerpe beskou, d.w.s. dié waarop daar 'n netto krag werk. Uit die Spesiale Relatiwiteitsteorie volg dat 'n

versnelling van 'n voorwerp se persepsie van ruimte en tyd 'n distorsie moet ondergaan. Die ekwivalensiebeginsel stel verder dat die effekte van versnelling en swaartekrag ononderskeibaar is. Gevolglik is die ruimte in die teenwoordigheid van materie gekrom. Beide materie en lig sal dus in 'n swaartekragveld langs gekromde bane beweeg.

'n Gekromde vierdimensionele tydruimte is onvoorstelbaar, en ons kyk na 'n tweedimensionele voorbeeld soos die oppervlak van 'n bol (Figuur 5). Die som van die hoeke van die driehoek ingesluit deur die drie geodesiese krommes is groter as 180 grade. Die Euklidiese meetkunde is dus op hierdie gekromde oppervlak ongeldig. Let verder op dat die oppervlakte van byvoorbeeld die aarde eindig maar onbegrens is. So 'n "bol"-oppervlak het 'n positiewe kromming. In die figuur word ook een met negatiewe kromming getoon.



Figuur 5: Die euklidiese meetkunde is ongeldig op gekromde vlakke.

Stel uself nou 'n halfopgeblase ballon ('n tweedimensionele positief gekromde ruimte) voor. Met verdere opblasing is dit duidelik dat alle gemerkte punte op die ballon van enige gegewe punt af wegbeweeg. Hierdie oppervlak is dus eindig, onbegrens, lyk in alle rigtings dieselfde (isotroop), en dit lyk ook oral dieselfde (homogeen). Hierdie bol- en ballonanalogie stel ons nou in staat om 'n aanvoeling vir die begrip van 'n gekromde vierdimensionele ruimte te kry en hieruit die kosmologiese beginsel te formuleer, naamlik: Die heelal is isotroop en homogeen.

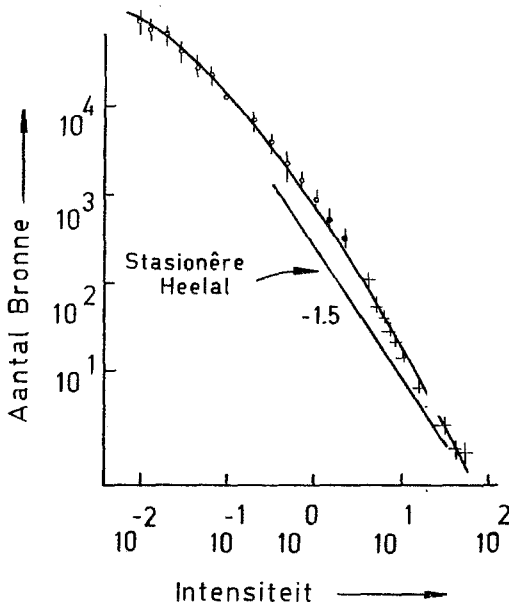
Hieruit konstrueer ons dus die heelalbeeld dat alle sterrestelsels van mekaar af wegbeweeg, dat alle waarnemers in watter stelsel ook al

dieselfde sal sien, en dat die gekromde heelal geen middelpunt het nie. As die kromming positief is, is die heelal "geslote", as dit negatief is, is die heelal "oop".

3. DIE BYDRAE VAN DIE RADIO-ASTRONOMIE

'n Vraag wat gewone optiese teleskope nie kon beantwoord nie, is wat sou gebeur indien mens met steeds groterwordende teleskope steeds dieper in die heelal inkyk. Sou die digtheid van ligbronne in die homogene kosmos steeds dieselfde bly, afneem, of selfs toeneem? Of sou daar dalk 'n rand om die heelal waargeneem kon word waarbuite daar geen sterre meer voorkom nie? Die antwoord op sulke vrae word bemoeilik deur die feit dat die lig van sulke baie veraf voorwerpe deur interstellêre stof en gas geabsorbeer en verstrooi word, sodat hulle onsigbaar word.

Radiogolwe is net soos liggolwe elektromagneties van aard, met die enigste verskil dat hulle golflengte miljoene kere langer is - in die orde van meters. Verder word hulle baie minder as liggolwe deur die interstellêre gas en stof geabsorbeer.



Figuur 6: Radiobron tellings dui daarop dat die heelal afkoel.

In 1930 het Karl Jansky vir die Bell Telephone Laboratories probeer vasstel hoe hy die ongewenste geraas ("static") op die gewone outydse Boere-kortgolfradio kon verminder. Per toeval het hy toe ontdek dat 'n gedeelte van hierdie steurings uit die buitenste ruimte kom. Sy ontdekking van kosmiese radioseine het weinig opslae gemaak en is slegs deur 'n amateur, Grote Reber in sy agterplaas opgevolg. Eers ná die Tweede Wêreldoorlog het die radio-astronomie in Australië en Engeland ontwikkel.

Die radio-astronomie het soos volg kon aantoon dat die heelal aan evolusie onderworpe is. In 'n statiese heelal waarin die ligbronne uniform verdeel is, kan maklik aangetoon word dat vanweë die $1/r^2$ -wet, die verband tussen die aantal bronne per oppervlak-eenheid, N , en hulle stralingstempo, S , gegee word deur

$$N \propto S^{-1.5}$$

Figuur 6 toon dat die werklike brontellings sterk hiervan afwyk. Die reeds bespreekte uitdyende heelal voorspel egter dat - vanweë die steeds groter wordende rooiverskuiwing van die groot aantal swak bronne - die kromme platter moet loop as $S^{-1.5}$.

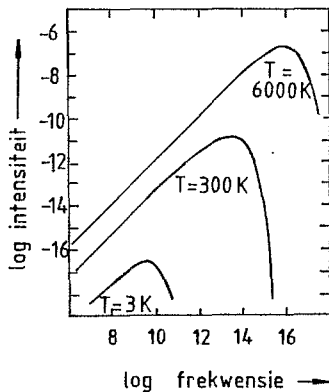
Die enigste aanvaarbare verklaring vir die oormatige radiobrontellings is dat die bronne evolusie ondergaan het. Die radioteleskope ontvang seine vanaf bronne wat tot 5 miljard ligjaar van ons verwyder is. Dit beteken dat die radiosein wat ons ontvang 5 miljard jaar gelede uitgestuur is. Die teleskope sien dus die bronne soos hulle 5 miljard jaar gelede was. Dit lyk dus of hulle in die verlede helderder was en hieruit maak ons die gevolgtrekking dat die heelal oor sy leeftyd afgekoel het tot sy huidige gemiddelde temperatuur.

Om saam te vat stel die uitdyingswet van Hubble en die radiobrontellings dus dat die heelal vroeër veel kleiner én warmer was.

4. DIE KOSMIESE MIKROGOLFAGTERGROND

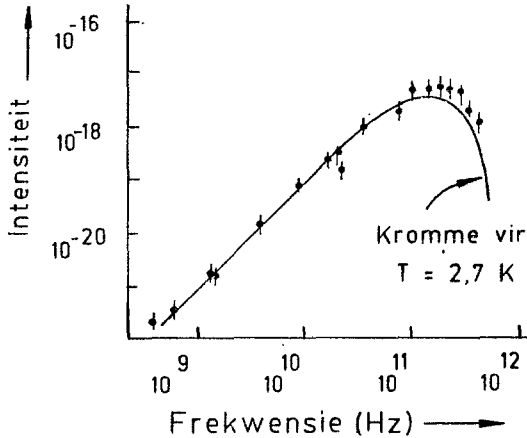
Die sluitsteen vir die moderne kosmologie is in 1965 deur Penzias en Wilson, weereens van die Bell Telephone Laboratories, per toeval ontdek. Hulle was besig om vir satellietkommunikasie 'n ontvangsantenne vir golwe met golflengte van 7 cm te toets - die sogenaamde mikrogolwe. Tot hulle verbasing en frustrasie was die ruisagtergrond ten minste honderd keer groter as wat van die toe goed bekende radiobronne verwag kon word. In hulle soeke na die oorsaak hiervan het Penzias later in sy Nobel-rede die heel menslike verhaal van 'n paar duiwe vertel wat hulle uit die horing van die antenne moes verwyder, hoe die duiwe opnuut daarin nes gemaak het en hoe hulle die duifprobleem later hardhandig moes oplos en die hele antenne met skropborsels en emmers water moes skoonwas van 'n gespikkelde, harde, diëlektiese materiaal. Maar die oormatige agtergrond het gebly.

Met aanmoediging van teoretici van die Universiteit van Princeton het hulle egter die metings voortgesit en s6 die veelgeroemde kosmiese mikrogolfswartstraling met 'n temperatuur van 2,7 Kelvin ontdek. 'n Swartstralingspektrum (Figuur 7) word deur 'n ideaal absorberende (en dus stralende) voorwerp by 'n bepaalde temperatuur uitgestraal. Die figuur toon sulke spektra vir liggame by 6000 Kelvin (tipiese sterre, wat hulle maksimum straling in die sigbare gebied gee), by 300 Kelvin (kamertemperatuur, waarby tienduiseend keer minder energie by golflengtes in die infrarooigebied uitgestraal word), en by die nog veel laer temperatuur van 3 Kelvin.



Figuur 7: Swartstralingspektra.

Figuur 8 demonstreer hoe presies Penzias en Wilson se metings op so 'n swartstralingspektrum van temperatuur 2,7 Kelvin pas, en verder moet onthou word dat hierdie spektrum as 'n "homp" bo die algemene radio-agtergrond uitstaan. Die intensiteit van die straling is verder binne 0,01% dieselfde uit alle rigtings en dit is di6 sterkste bevestiging van die kosmologiese beginsel dat die heelal isotroop is. Verder kan maklik aangetoon word dat as die straling deur adiabatiese uitsetting afkoel die spektraalvorm nie verander nie. Hieruit volg dan die hipotese dat die kosmiese mikrogolfstraling vroeg in die geskiedenis van die homogene, isotrope heelal geproduseer is, en met die uitsetting daarvan tot die huidige koue oorblyfsel van 2,7 Kelvin afgekoel het.



$$\frac{E_{\text{straling}}}{E_{\text{materie}}} \propto \frac{R^{-4}}{R^{-3}} = \frac{1}{R}$$

Figuur 8: Die kosmiese mikrogolfswartstraling.

Met uitsetting van die heelal daal die massadigtheid en die massa-energiesdigtheid, E_m , omgekeerd eweredig met die volume of (straal)³ daarvan, maar die stralingsenergiesdigtheid, E_s , omgekeerd eweredig met (straal)⁴ as gevolg van die rooiverskuiwing. Daarom verloop die verhouding van straling- tot massa-energiesdigtheid soos

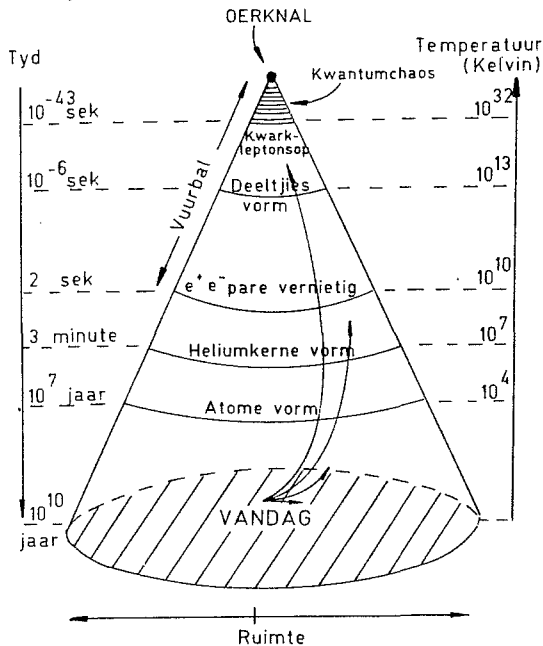
$$E_s/E_m \propto (R^{-4})/(R^{-3}) = 1/R.$$

Dit verklaar waarom die stralingstemperatuur vandag minstens duisend keer laer is as die gemiddelde temperatuur van materie (sterre), en dit toon ook aan dat die vroeë heelal (klein R) se dinamika deur die straling oorheers is. Die heelal se kromtestraal was toe ongeveer 700 keer kleiner as vandag en sy temperatuur in die orde van 3000 Kelvin. Voor daardie stadium was alle materie in die heelal gefoniseer en was daarom - net soos 'n gewone vuurhoutjievlam - ondeursigtig. Hierdie beginfase van die heelal staan as die oervuurbaal bekend.

5. IN DIE BEGIN

Die genoemde astrofisiese waarnemings lei dus nou tot die volgende moderne heelalbeeld. Die heelal het $3 \cdot 10^{10}$ (30 miljard) jaar gelede in 'n

oerknal (big bang) ontstaan. Ná ongeveer 10 miljoen jaar het dit só afgekoel dat elektrone en kerne kon kombineer om waterstof- en heliumatome te vorm. Die straling van die vroeë heelal het op hierdie stadium van die materie ontkoppel en ongesteurd afgekoel om vandag se 2,7 K mikrogolfagtergrond te word. Die nukleone (protone en neutrone) wat vóór daardie tyd bestaan het, kon na ongeveer 200 sekonde (3 minute) saambind om heliumkerne te vorm. Die oersop van hierdie eerste drie minute het bestaan uit verskillende vorms van materie en antimaterie in ewewig met die straling. Op verskeie stadia het verskillende vorms van materie daarin uitgevries totdat ons kom by die eerste fraksie van 'n sekonde waarin die - baie klein - heelal bestaan het uit sogenaamde kwarke en leptone. Dit is die "moderne" elementêre boustene van materie. Die leptone is die goed bekende elektron, sowel as die muon en die sogenaamde taon. Kwarke is deeltjies met $\pm 1/3$ of $\pm 2/3$ elementêre elektronladings. Hulle kom in ses soorte of geure voor, te wete die op-, af-, bo-, onderkwarke, sowel as die vreemde kwarke en die een met sjarme(!) Verder kan elk van hierdie geure drie verskillende kleure hê, naamlik rooi, groen of blou. Toe die heelal ongeveer 10^{-6} (een miljoenste) van 'n sekonde oud was het hierdie kwarke in groepe van twee verbind om die mesone te vorm, en in groepe van drie om die barione (soos die protone en neutrone) te vorm.



Figuur 9: 'n Voorstelling van die ontwikkeling van die heelal. Die gekromde lyne toon aan hoe met verskillende tegnieke steeds verder in die verlede "teruggekyk" word.

Hoe is dit moontlik om die heelal in die eerste mikrosekonde van sy bestaan te bekijk en hoe kan mens hoegenaamd probeer bespiegel oor wat daar gebeur het?

Die antwoord hierop is die essensie van die moderne fisika. Daar is vier bekende natuurkragte, naamlik swaartekrag, elektromagnetisme, en die sogenaamde swak en sterk wisselwerkingskernkragte. Die bestaan van vier sulke uiteenlopende kragte is konseptueel onbevredigend. Waarom vier en nie net een nie? Weinberg en Salam het in 1960's daarin geslaag om by hoë energieë die swak wisselwerking met die elektromagnetiese krag te verenig. Die kwark-lepton-teorie, wat die afgelope dekade sterk in swang is, poog om die sterk wisselwerking met die vorige twee te verenig. Dit lei tot die sogenaamde Groot Unifikasieteorieë (of GUT's). Die monsterversnellers by CERN in Switserland en SLAC en Fermilab in die V.S.A. toets en verifieer hierdie teorieë. Die enorm hoë energieë wat hiervoor nodig is, is egter niks anders as 'n nabootsing van die hoë temperature van die vroeë heelal nie. Daarom kan ons tereg sê dat die hedendaagse deeltjiewersnellers die moderne uitgawe van die teleskoop is! Soos die mens steeds dieper die heelal ingekyk het, het sy gesigslyn - eers ongemerk en later bewustelik - in die verlede teruggekrom. Met die versnellers kyk ons nou regdeur die oersop van die verlede, wat met elektromagnetiese golwe en die teleskoop onsigbaar is.

Vir die eerste 10^{-43} sekonde van die leeftyd van die heelal bestaan daar nog geen fisika nie, omdat in hierdie klein beginfase kwantumeffekte oorheers. Die SuperGUT wat Einstein se Algemene Relatiwiteitsteorie van swaartekrag met die ander drie kragte moet verenig bestaan nog nie.

6. ASTROFISIKA EN KOSMIESE STRALE

Die beroep van die astrofikus behels nou om een - of miskien 'n paar - van die vele fasette van so 'n heelalbeeld in detail te ondersoek. Voorbeelde is die studie van die planete, die son, die sterre, galaksies, en die materie in die interplanetêre, interstellêre of intergalaktiese ruimtes daartussen.

Ons plaaslike navorsingsgroep konsentreer op kosmiese strale. In die heelalgeskiedenis loop hulle verhaal ongeveer soos volg. Toe die homogene heelal ongeveer tien miljoen jaar oud was, het onreëlmatighede in die uitgevrore materie tot galaksies en sterre begin kondenseer. Die sterre verbruik hulle energie deur waterstof en helium tot swaarder elemente in termokernreaksies te verbrand. Aan die einde van sy leeftyd kan so 'n ster op verskeie maniere sterf. 'n Bepaalde tipe ontplof in 'n sogenaamde supernova wat vir 'n paar dae helderder as selfs 'n hele galaksie kan skyn. Die bekendste voorbeeld hiervan is die Krapnewel wat in die jaar 1054 A.D. ontplof het. Tycho Brahe en Johannes Kepler het in die sestende en sewentiende eeu drie ander helder supernovas gesien. Die swaar elemente waaruit planete en lewende opgebou is, is miljarde-jare gelede in sulke ontploffings vrygestel. In 1982 het ek in Duitsland 'n studie gemaak van hoe die supersoniese skokgolf om so 'n ontploffing, wat vir ongeveer 10 000 jaar uitdy, gelaai deeltjies

-hoofsaaklik protone - uit die interstellêre medium kan optel en hulle tot baie hoë energieë kan versnel. Hierdie hoogenergieke deeltjies heet kosmiese strale. Ongelukkig is hulle verkeerd gedoop en moes eintlik kosmiese deeltjies geheet het. Dié van hulle wat die aarde bereik, verskaf deur hulle meetbare eienskappe waardevolle inligting oor die interstellêre en interplanetêre medium wat hulle op hulle reis moes deurkruis. Sodanige studies word met ons neutronmonitors op Antarktika, Hermanus, Potchefstroom, en Tsumeb onderneem. Aangesien die energiekste kosmiese strale nog steeds 'n miljoen keer meer energie het as wat met die kragtigste versnellers bereik kan word, verskaf hulle interaksie met ons eie atmosfeer nog steeds waardevolle bydraes oor die hoogenergieke deeltjiefisika. Hierdie interaksies is die motivering vir die sogenaamde buie-detektor van kosmiese strale op die dak van die Natuurwetenskapkompleks.

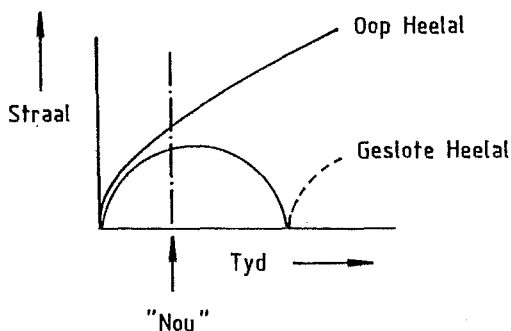
Ná data-insameling is die volgende stap in die astrofisika die reduksie daarvan tot interpreteerbare vorm en die verklaring daarvan in terme van fisiese wette wat sonder uitsondering van wiskundig/statistiese aard is. Só 'n logies geanaliseerde probleem lewer dan nog 'n bousteen in die raamwerk van die heelaltheorie. 'n Hoeksteen soos dié van Penzias en Wilson verdien gewoonlik 'n Nobelprys.

Alhoewel ek vanaand die wiskundige bewyse vermy, kan die rol van die logies-wiskundige denke in die astrofisika nie oorbeklemtoon word nie. 'n Welbekende Emeritus-professor in die Wiskunde het my van my eerste studiejaar af by herhaling geleer dat wiskunde die prinses van die wetenskappe is. Twintig jaar later bevestig ek dit, want die wiskunde toegepas in die natuur is koning! Daarsonder kan nie 'n geïntegreerde geheelbeeld opgebou word nie en is die astrofisika dood. Maar 'n mens moet oppas as lewe ter sprake kom. Die welbekende Carl Sagan wy 'n groot deel van sy ondersoek aan die ontdekking van buite-aardse lewe. Vir hom is sulke lewe byna 'n statistiese noodwendigheid. Die Pioneer 10-ruimtetuig wat in Augustus 1972 gelanseer is, is die eerste wat (in 1983) ons sonnestelsel verlaat het. Sagan het 'n vergulde plaat, geteken deur sy vrou Linda, aan boord van Pioneer 10 laat sit. Dit is veronderstel om aan moontlike ander beskawings die beeld van 'n man en 'n vrou (in verhouding tot die tuig), die lanseerposisie in ons sonnestelsel en ander ontsyferbare fisiese prosesse uit te beeld. Radiokontak bestaan nog steeds, en die wetenskaplikes berig dat die situasie aan boord alreeds drasties verander het. Die man het oud en krom geword, die vrou het haar aantreklikheid verloor, en daar het 'n hele paar skreeuende kleintjies bygekom!

Verder wil ek graag die moderne digitale rekenaar die ere-gereedskapstuk van die moderne astrofisika noem. Ons navorsingsgroep is byvoorbeeld sedert die begin van die plaaslike rekenaarera die grootste gebruiker daarvan. Ek wil egter daarop wys dat geen fisikus vanaand hier 'n persoonlike rekenaar besit nie en dat die rekenaarmania van die afgelope paar jaar totaal by ons verbygegaan het. 'n Rekenaar bly slegs 'n middel tot 'n doel en as astrofisikus is ek diep bekommerd daaroor dat die jonger geslag nie meer kan of wil uitreken dat $17 \times 13 - 8 = 214$ nie.

7. WAARVANDAAN, WAARHEEN, EN WAAROM?

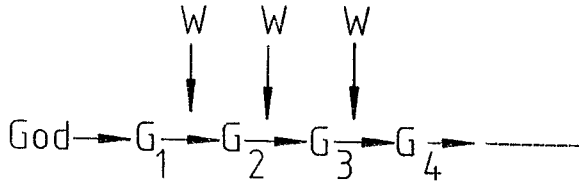
Wat gaan van die heelal word? As ons die bekende massas van alle sterre, galaksies, en interstellêre materiaal bymekaar tel, is die interne swaartekrag daarvan te klein om die huidige uitsetting ooit te stop. Dan leer die Algemene Relatiewiteitsteorie dat ons in 'n "oop" heelal sonder grense leef, waarin alle sterre - ook ons eie son - uiteindelik sal uitdoof. Alles gaan gevolglik 'n koue dood sterf. Daar is egter rede om te glo dat daar groot hoeveelhede massa van 'n donker, onsigbare aard - soos in die vorm van neutrinos - mag wees. Dit mag voldoende wees om die interne aantrekkingskrag só groot te maak dat die heelal weer tot 'n kosmiese eier sal saamtrek, in 'n volgende "oerknal" weer sal ontplof, en....? Op hierdie stadium vra elkeen homself af waarheen die astrofisika en kosmologie hom lei. Die Nobelpryswenner Steven Weinberg het gesê: "The more the universe seems comprehensible, the more it also seems pointless".



Figuur 10: Moontlikhede vir die lotsgeskiedenis van die heelal.

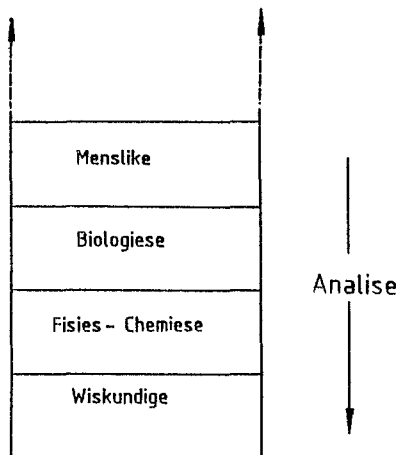
Die vraag is wat ons as Christen-wetenskaplikes van hierdie sinnelose wordingsgeskiedenis en eindvisie van die heelal maak. Die biblisis wat aan die Bybel - en dus ook aan Genesis 1 - absolute wetenskaplike gesag toeken, verwerp die hierbo berekende oorsprong en lotsbestemming in sy geheel. Die probleem met die biblisis is egter dat dit die logiese samehang van die HELE natuurwetenskap ondermyn, omdat daar onder andere geen logiese rede is waarom ons nie verder as 6 000 ligjaar in die heelal, en verder as 6 000 jaar in sy geskiedenis kan terugkyk nie.

Die deïsme erken God as eenmalige Skepper van die heelal, waarin die neergelegde natuurwette voorskryf hoe opeenvolgende gebeurtenisse daarin afloop. Einstein het gesê "I want to know HOW God created the Universe", waarmee hy bedoel het dat hy deur terugwaartse analise wou ontdek presies wat God op die oomblik van die oerknal in die heelal neergelê het. In sy onlangse boek "God and the new physics" sluit Paul Davies daarby aan en beweer selfs dat die analise van die moderne natuurwetenskap die sekerste weg bied om God self te ontdek.



Figuur 11: In die deïstiese wêreldbeeld speel gebeurtenisse (G) uitsluitlik onder die werking van Godneergelegde natuurwette (W) af.

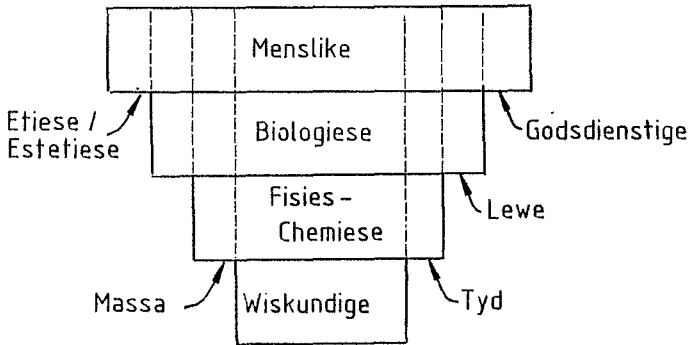
Die hier ter sprake metodes van die analise verdeel 'n omvattende geheel tot sy komponente en analiseer elkeen daarvan in diepte. 'n Uitsluitlike geloof in die mag van die analise lei dan tot reduksionisme waarin byvoorbeeld elke aspek van die menslike (sê die etiese of estetiese) TOTAAL in die biologiese gesoek word, wat UITSLUITLIK bestaan uit fisies/chemiese boustene wat miljarde jare gelede in sterontploffings gesintetiseer is, en waarvan die eienskappe VOLLEDIG deur (miskien Godneergelegde) wiskundige natuurwette voorgeskryf word.



Figuur 12: In die reduksionisme kan alles tot wiskundige natuurwette gereduseer word.

In sy artikel "Our Christian calling of doing science" skryf Stoker egter dat die natuurwetenskap ook moet kontekstualiseer. 'n Bepaalde natuurwetenskaplike probleem moet ook in die konteks van ander wetenskaplike, voorwetenskaplike en onwetenskaplike waarhede bekyk word. Dan word gou ontdek dat die totaliteit in verband met 'n bepaalde verskynsel meer is as sy samestellende dele. Die kontekstuele denke in die natuurwetenskappe lei myns insiens tot die erkenning dat die fisika byvoorbeeld meer is as 'n stel wiskundige reëls deurdat hy sy eie begrippe massa en tyd moet invoer om saam met die wiskundige

afstandsbegrip Newton se bewegingswette te formuleer. Die konsep "lewe" het eweneens geen fisies/chemiese definisie nie. Die Christen-wetenskaplike het daarby die Bybelse Openbaring dat die menslike lewe meer is as die somtotaal van die biologiese lewe.



Figuur 13: Die Christelike Wetenskap erken dat die geheel meer as sy samestellende dele is.

As wetenskaplike stel God my in staat om deur middel van beskrywende natuurwette en analitiese metodes sy natuuropenbaring objektief te deurvors en die resultate daarvan onbevangen te aanvaar. Die kosmologie is nou by uitstek dié wetenskap wat die grense van die menslike analitiese denke aantoon: voor die oerknal was daar geen tyd nie, of as dit wel daar was kan geen metodes bedink word om dit te meet nie. Buite die heelal is daar geen ruimte nie, want as dit wel daar was sou dit deel van die heelal gewees het. Aspekte soos tyd, ruimte, massa, lewe, en menswees word deur die God van die Woord aan die natuur voorgeskryf. Die analitiese berekende lotsbestemming van die heelal is dan nooit sinneloos soos vir Weinberg nie. Dit is hoogstens deel van God se voorgeskrewe, veel groter Raadsplan, waarin Hy genadiglik met ons op pad is na 'n lewe in plaas van een of ander sinnelose dood.

8. SLOT

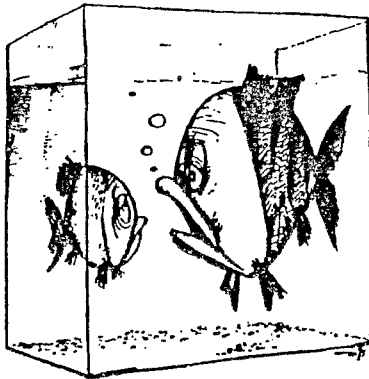
My wens is dat u hiermee my gevoel sal kan waardeer dat die beroep van astrofisikus opwindend, intellektueel uitdagend en bowenal opvoedkundig en menswaardig is. Dit verwoes nie die ekologie met hulle tegnologiese innovasies nie. Die moderne deeltjiefisika het ook nie meer die primêre doel óf vermoë om mense dood te maak soos die kernfisika van 40 jaar gelede nie. Die materialistiese kritikus lê egter die aanklag dat dit ook geen honger maag in Afrika voed en geen landsgrens verdedig nie. Dit is egter so dat vanweë sy omvattendheid vanaf skroewedraaier en soldeerbout, die moderne tegnologie, die hele spektrum van die fisika - uitgesonderd miskien kristalteorie -, die wiskunde in hoofletters, en die filosofie, hierdie navorsingsrigting hoogs opgevoede arbeidskragte aan

die gemeenskap aflewer. Die universiteite moet lig loop vir herhaalde aandringe van buite om sulke hoëgraadse opvoeding met laergraadse opleiding af te water.

Die Stigting vir Navorsingsontwikkeling van die WNNR se nuwe beleid is om geld aan enige Navorser vir enige projek van eie keuse te gee, solank die navorser bewys lewer dat hy goeie werk kan doen. Dit haal basiese navorsing uit sy sosialistiese milieu en plaas dit in die middel van die vrye mark waar harde werk en resultate beloon word. Hierdie nuwe befondsingsstelsel het een potensiële gevaar, en dit is dat die Engelse universiteite vanweë hulle hoër navorsingsprestasies 'n elitisme ten opsigte van ons Afrikaanse universiteite kan ontwikkel. Aangesien ons nie so geredelik soos hulle buitelanders kan invoer om ons te help dink nie, MOET ons meer navorsingsbewus word. My leermeesters het my deur hulle voorbeeld van idealisme geleer hoe om in hierdie navorsingsmark mee te ding, en my gewaardeerde kollegas het baie van dié resultate moontlik gemaak. ~

Ek bedank die Raad van die Universiteit dat hulle die vertroue in my gehad het dat ek die trotse tradisie van die afgelope 30 jaar se astrofisika op Potchefstroom verder sal kan uitbou. Dit verg toewyding van my kant, maar opoffering van my vrou en kinders. My ouers het in die verlede daarvoor opgeoffer en ek is verheug dat hulle vanaand nog beide hier teenwoordig kan wees.

Ek dank u vir u aandag.



“Die Heelal, my seun, is 'n groot tenk vol water”

BIBLIOGRAFIE

Berry, M., 1976. Principles of cosmology and gravitation. Cambridge University Press.

Callahan, J.J., 1977. The curvature of space in a finite universe. *Cosmology* + 1, *Scientific American*, 20.

Davies, P., 1983. *God and the new physics*. Simon and Schuster.

Lovell, B., 1975. *Man's relation to the universe*. W.H. Freeman and Company.

Rowan-Robinson, M., 1977. *Cosmology*. Clarendon Press.

Sciama, D.W., 1971. *Modern cosmology*. Cambridge University Press.

Stephani, H., 1982. *General relativity*. Cambridge University Press.

Stoker, H.G., 1977. Our Christian calling of doing science. *Christian higher education, the contemporary challenge*. I.B.C.-studiestuk, P.U. vir C.H.O.

Weinberg, S., 1978. *The first three minutes*. Fontana.