

HET HEELAL VOLGENS JACOB

INLEIDING

In 1996 kreeg ik eindelijk tijd om me te verdiepen in de vele vragen die al heel lang sluimerend bij me aanwezig waren. Wat voor vragen? Over "t heelal", over Einstein, magnetisme, radioactiviteit, kernenergie, licht enzovoort. Waar moest ik antwoorden vinden? Internet had ik (nog) niet, wel een laptop met "Encarta", een stel boeken over deze onderwerpen en dan is er ook nog de bibliotheek. Op veel vragen vond ik antwoord, op nog veel meer niet en ik vond ook antwoorden die elkaar tegenspraken. Na een "boek" over mijn zoektocht te hebben geschreven, vol vragen en antwoorden over allerlei onderwerpen van de wetenschap, had ik er voorlopig genoeg van. Dat boek is niet uitgegeven, maar voor geïnteresseerden is het wel op internet te lezen.

Eind 2014, tegen de adviezen van kennissen en vrienden in, ben ik toch weer een boek gaan schrijven, en wel over iets wat mij al lang dwars zit: hoe zit "Het Heelal" echt in elkaar? Die "big bang", heeft die echt plaats gevonden? Ik ben geen geleerde, maar door "Google" en "Wikipedia" is informatie nu sneller en gemakkelijker beschikbaar dan toen in 1996. Maar... ook nu spreekt men elkaar nogal eens tegen. "Waar maak je je druk over?" zeiden m'n kennissen. "Niemand zit toch te wachten op jouw boek over het heelal?" Nee maar er is een reden waarom ik toch weer begon te schrijven. Dat heeft te maken met een Amerikaanse Astronoom, waar ik al eerder over gelezen en geschreven had: "Halton Arp" .

Halton Arp, 1927 - 2013, was indertijd een bekende Amerikaanse astronoom die veel tijd heeft besteed aan waarnemingen van de sterrenhemel. Hij was verbonden aan het Carnegie Instituut van Washington en de universiteit van Indiana en deed 29 jaar observaties met de beroemde telescopen van mount Wilson en mount Palomar. Halton Arp heeft vele ontdekkingen op zijn naam staan, maar kwam er achter dat niet al zijn bevindingen in dank werden afgenomen. Vooral zijn waarnemingen betreffende de roodverschuiving van "quasars", dichtbij sterrenstelsels, deden veel

stof opwaaien. Z'n bevindingen brachten namelijk de bestaande theorieën over de "big bang" en de grootte en leeftijd van het heelal in gevaar. Enige tijd geleden kwam ik op Youtube een lezing van James Sorenson over deze onderwerpen tegen. Deze James Sorenson, een Amerikaanse "electrical engineer", geeft in een video een lezing over "Halton Arp & the Big Bang". Daarin legt hij op begrijpelijke en aannemelijke wijze uit wat er mis is met de oerknal en de roodverschuiving, zoals de gevestigde wetenschap één en ander ziet. In de video worden voorbeelden uit Halton Arp's "Atlas of Peculiar Galaxies" (uit 1966) en andere boeken, besproken, observaties die duidelijk aangeven dat er iets aan de hand is met de roodverschuiving volgens de "wet van Hubble", vooral bij "quasars". Halton Arp, die zeer veel waarnemingen deed, kwam tot de conclusie dat de roodverschuiving misschien wél wat over de leeftijd van quasars zegt, maar niet over hun vluchtsnelheid, grootte en afstand.

De gevestigde wetenschap moet niets van Arp's zienswijze hebben, want dan zouden hun mooie theorieën over de oerknal en uitdijing van het heelal niet meer kloppen. Het resultaat was dat Arp, na vele jaren trouwe dienst, geen telescooptijd meer kreeg, ontslag moest nemen en uiteindelijk uitweek naar het Max Planck instituut in Duitsland. Hij schreef diverse boeken waaronder "Quasars, Redshifts and Controversies" (1989) en "Seeing Red" in (1998). Halton Arp overleed in 2013 op 86 jarige leeftijd in München.

Wat is er toch aan de hand met de wetenschap? Kunnen de geleerden niet meer objectief naar ontdekkingen kijken, als die in strijd zijn met hun theorieën? Denkt de wetenschap dat, door het onder het vloerkleed vegen van revolutionaire ideeën, deze wel zullen verdwijnen? Halton Arp wordt nu gezien als een moderne Galileo. Uiteindelijk kreeg Galileo gelijk en ik vermoed dat ook Halton Arp gelijk zal krijgen, zijn ontdekkingen zijn overduidelijk.

Zou ik zelf een geloofwaardige "heelaltheorie" kunnen bedenken? Een sluitend bewijs voor welke heelaltheorie dan ook, zal nooit gevonden worden. Het heelal bestaat al heel lang en is onvoorstelbaar groot, maar vooral ondoorgrondelijk, zeker voor mij, die nog nooit door een echte telescoop heeft geloerd.

HOOFDSTUKKEN

HET HEELAL VROEGER	pag. 4
DOPPLER EFFECT	pag. 6
GELUID	pag. 7
LICHT	pag. 9
LICHTSNELHEID	pag. 10
ETHER	pag. 12
ELEKTROMAGNETISCH VELD	pag. 16
SPECTRUM	pag. 18
SPECTRAALLIJNEN	pag. 20
ZON	pag. 21
ROODVERSCHUIVING	pag. 21
HUBBLE CONSTANTE	pag. 25
CEPHEÏDEN	pag. 25
UITDIJING van het HEELAL	pag. 27
EINSTEIN	pag. 28
OERKNAL	pag. 29
ACHTERGRONDSTRALING	pag. 31
STERRENBEELDEN	pag. 33
HAWKING	pag. 37
QUASARS	pag. 38
HALTON ARP	pag. 40
ROODVERSCHUIVING KLOPT NIET	pag. 41
SEEING RED	pag. 42
FOTONEN OP REIS	pag. 49
HEELAL VOLGENS JACOB	pag. 52
SETI	pag. 54
BIJLAGE	pag. 57
EENHEDEN en GEGEVENS	pag. 61
BRONNEN	pag. 62

HET HEELAL VROEGER

De dieren, die al miljarden jaren op aarde rondlopen, zijn er nooit in geïnteresseerd geweest, maar toen verscheen er (een half miljoen jaar geleden) een nieuw wezen op aarde, de "homo sapiens", en die had wél interesse in die donkere nachtelijke hemel daarboven. "Al die lichtende puntjes, wat zijn dat eigenlijk?" De "wetende mens" wilde meer weten: "Wat is dat voor een ruimte daarboven, wat bevindt zich daarin?" Men fantaseerde er op los en opperde er allerlei ideeën over. De ruimte kreeg namen: hemel, heelal, Weltall, outer space, All, universe, espace, cosmos, espacio. Maar de vragen bleven en de antwoorden kwamen maar mondjesmaat. "Hoe groot is die ruimte eigenlijk? Die lichtjes die je in 't donker ziet, wat zijn dat precies? Waar blijft die zon 's nachts en waarom valt de maan niet naar beneden?" Heel lang bleef de kennis beperkt, met het blote oog word je niet veel wijzer. Een belangrijke doorbraak kwam met de uitvinding van de telescoop in 1608 door de Nederlandse instrumentmaker Hans Lipperhey. Eindelijk kon men "die lichtjes"



boven ons veel beter bekijken en kwam men meer te weten over al die "hemellichamen". De kennis van het heelal nam daarna snel toe. Bepaalde ideeën die men had over het heelal, moesten drastisch herzien worden en dat ging niet

zonder slag of stoot. Vooral de kerk had grote moeite met de beweging van de zon. Volgens haar draaide de zon om de aarde: de aarde was toch het middelpunt van alles?

De Poolse astronoom Copernicus had al in de 15^e eeuw geopperd dat de aarde om de zon draaide en niet andersom. Hij concludeerde dit dus al zestig jaar voordat de telescoop op het toneel verscheen, en dat was heel knap. Hij schreef er in 1543 een klein boekje over, een soort: 'Het Heelal volgens Copernicus', dat hij wijselijk niet uitgaf maar alleen aan z'n vrienden ter hand stelde. De kerk moest van die

nieuwe ideeën niets hebben: de kerk op aarde was het centrum van alles.

In Italië was het Galileo Galilei die de telescoop van Hans Lipperhey aanschafte en verbeterde en daarmee allerlei opzienbarende ontdekkingen deed. In 1610 publiceerde ook hij z'n bevindingen in een boekje, waarna de moeilijkheden met de kerk begonnen. De kerk van Rome kon niet accepteren dat de wereld het middelpunt van het universum niet meer was, dwong Galileo te herroepen dat de aarde om de zon draait en gaf hem huisarrest. De legende wil dat Galileo z'n idee inderdaad herriep, maar zich bij het verlaten van de rechtszaal omdraaide en zoiets riep als: "En toch draait ie om de zon!" In z'n eigen taal: "Eppur se muove".

Geleidelijk aan verkreeg men meer kennis over het Heelal, maar de vragen bleven komen. "Zijn wij alleen in het heelal? Was het er altijd al of is het heelal ooit 'geschapen'? Hoe groot is het, waar eindigt het en hoe oud is het?" Veel is er intussen bekend geworden, vooral door de bouw van steeds grotere en betere telescopen op aarde en nu ook door geavanceerde telescopen die in de ruimte zweven en zeer scherpe foto's naar de aarde sturen. Toch hebben we nog steeds veel vragen. Om nog meer te weten te komen sturen we nu ook satellieten en ruimtevaartuigen diep het heelal in om van alles te verkennen. We zijn intussen op de Maan geweest en denken er nu over na om naar Mars te gaan, karretjes rijden er al rond. Er is al zeer veel bekend over het heelal, maar toch... hoewel we nu misschien denken er veel over te weten, nog veel meer weten we niet.

De uitvinding van de telescoop was het begin van de professionele astronomie. Een ontdekking die daarna een baanbrekende rol in de heelalkennis is gaan spelen is die van het "lichtspectrum", door de grote Engelse geleerde Isaac Newton (rond 1670). Men begon lichtspectra van allerlei lichtbronnen bestuderen, ook licht uit het heelal. De ontdekking van het lichtspectrum werd pas echt belangrijk door de ontdekking van het "Doppler effect" en de spectraallijnen. Alles wat men thans over leeftijden en afstanden in het heelal denkt te weten, is vooral te danken aan dit "Doppler effect" toegepast op lichtspectra van objecten in het heelal.

DOPPLER EFFECT

"Doppler effect? Wat is dat eigenlijk voor een "effect" en waarom is dat verschijnsel zo belangrijk?"

Eerst maar eens de definitie: Wikipedia zegt er het volgende over:

*"Het **dopplereffect** is de waargenomen verandering van [frequentie](#) van [geluid](#), [licht](#) of andere golfverschijnselen, door een snelheidsverschil tussen de zender en de ontvanger"*

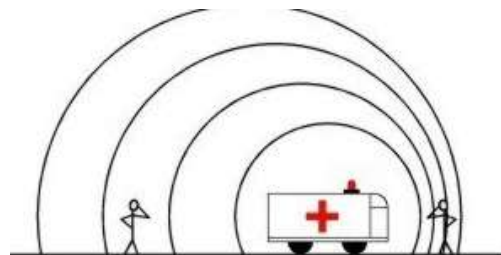
Deze eigenschap van de natuur treedt dus op als een waarnemer luistert naar een bewegend voertuig, dat geluidsgolven produceert en een andere snelheid heeft dan de waarnemer.

De ontdekker van dit verschijnsel is de Oostenrijker Christian Doppler, die dit effect in 1842 voor het eerst beschreef.

Het Dopplereffect (bij geluid) kennen we allemaal. Ga maar eens bij een overweg staan en wacht tot er een trein komt aanrazen. Op het moment dat de trein voorbij rijdt, terwijl liefst ook een langgerekt fluitsignaal klinkt, hoor je duidelijk dat de toonhoogte van het geluid daalt op het moment dat de trein je voorbij rijdt.

Een ander bekend voorbeeld: Als je, zoals ik, aan een doorgaande weg woont, hoor je de ambulance nogal eens met gillende sirene langs komen. Duidelijk hoorbaar daalt de toonhoogte van de sirene op het moment dat de wagen je huis voorbij rijdt en zich van je af beweegt. Hoe verklaren we dit effect?

Geluid is een trilling van de lucht en bestaat uit geluidsgolven die zich door de lucht voortplanten. Als nu een rijdend voertuig onze richting op komt, worden de naar voren



uitgezonden geluidsgolven in elkaar gedrukt. De golflengte wordt dan korter, de frequentie hoger en dus de toon hoger. De golven die naar achteren uitgezonden worden juist uitgerekt, de frequentie daarvan is lager en duidelijk is te horen dat de toonhoogte daalt.

Maar... waarom precies worden die geluidsgolven "samengedrukt" of "uitgerekt"? De oorzaak is dat het voertuig de naar voren

uitgezonden golven tracht in te halen, waardoor wat van de golflengte afgeknabbeld wordt. Naar achteren worden de tussenpozen juist iets langer. De geluidsgolven worden steeds iets verder weg uitgezonden, omdat het voertuig zich van ons af beweegt. De golflengte neemt daardoor toe en de toonhoogte daalt.

Duidelijk? Je zou het ook anders kunnen bekijken. Als een paard al lopend paardenvijgen produceert, zullen die op een bepaalde afstand van elkaar op het wegdek terecht komen. Gaat het paard nu sneller lopen dan zal de afstand tussen de "vijgen" toenemen. Vergelijk de "vijgen" met golftoppen. De golflengte van geluid dat een zich van ons verwijderend voertuig produceert, neemt dus toe en dat is niet alleen bij geluid het geval, ook bij licht treedt dit effect op.

Nog een zienswijze: Af en toe wandel ik langs het strand en kijk, als ik stilsta aan de vloedlijn, naar de golven. Ik zie dat ze met gelijkmatige snelheid aan komen rollen en dat ook de afstand tussen de golftoppen min of meer constant is. Iemand rent de zee in. Voor hem is de afstand tussen de golven een stuk korter, omdat hij de golven tegemoet rent. Terug wadend naar het strand, wordt de afstand tussen de golven (voor hem) juist groter. Maar... als hij terug holt, sneller dan de golven, dan wordt de golflengte weer korter.

Leerzaam misschien om het Doppler effect te begrijpen, maar... wat is nu toch de relatie van Doppler met het Heelal? Welnu, het Dopplereffect treedt niet alleen op bij geluid maar ook bij lichtgolven en deze eigenschap kan toegepast worden om snelheden te meten, niet alleen op aarde, ook in 't heelal.

GELUID

Om het belang van het Doppler effect beter te begrijpen is het handig wat meer over geluid te weten. Hoe groot is eigenlijk de snelheid en frequentie van geluid? De snelheid waarmee geluid zich voortplant is afhankelijk van het medium waardoor het geluid zich beweegt. Ook de temperatuur daarvan is van invloed. Dat medium is

niet alleen lucht, geluid plant zich door allerlei media voort, zoals water, metaal en ook door andere gassen dan lucht.

Geluid gaat niet al te snel. Je ziet de bliksem, maar de knal hoor je pas één of meer seconden later. Als je naar een heistelling kijkt, zie je het blok vallen, maar je hoort de klap pas als het blok alweer naar boven gaat.

Op het aardoppervlak, in lucht van 20 graden Celsius, bedraagt de snelheid van geluidsgolven ongeveer 340 meter per seconde, dat is zo'n 1225 km per uur. En dus als je de bliksem ziet en de klap komt drie tellen later, dan sloeg die bliksem één kilometer van ons vandaan ergens in (of niet).

Hoger in de atmosfeer is de lucht veel kouder en plant geluid zich langzamer voort. Zo bedraagt de geluidssnelheid op 11.000 meter hoogte 295 m/sec en dat is ongeveer 1062 km per uur.

Hoe zit het nu met vliegtuigen? Passagiersvliegtuigen vliegen onder deze snelheid, maar straaljagers en vroeger de Concorde, kunnen sneller dan geluid gaan. Bij een vliegtuig dat onder de geluidssnelheid vliegt, worden de geluidsgolven, net als bij voertuigen op de grond, aan de voorzijde samengedrukt en achter uitgerekt. In de buurt van de geluidssnelheid ontstaat echter aan de voorzijde een steeds sterker wordend golffront, een soort opstuwing van geluidsgolven: de zogenaamde "geluidsbarrière". Snelle vliegtuigen zoals straaljagers, moeten hier doorheen breken om sneller dan geluid te vliegen. Dat bleek, in tegenstelling tot de eerste gedachten hierover, eigenlijk geen probleem, als je er maar snel doorheen gaat.

Bij supersonische vliegtuigen rekent men de snelheid niet meer in km/uur maar in "Mach", waarbij Mach 1 de snelheid is die gelijk is aan de geluidssnelheid. Wil een straaljager sneller dan Mach 1 vliegen dan hebben we dus de situatie dat het vliegtuig het geluid inhaalt en door de geluidsmuur moet vliegen. Bij het doorbreken hiervan verhuist het golffront naar achter, waarbij er een soort explosiegeluid ontstaat ("the sonic boom") dat op het aardoppervlak als een luide knal te horen is. In vochtige lucht



is dat golffront zelfs als een mistige kegel te zien.

Voor zover ik weet heeft dit verder geen consequenties, misschien voor de besturing (herinner ik me uit een film)? Piloten van straaljagers moeten altijd zo snel mogelijk door de geluidsbarrière om schade te voorkomen en worden beleefd verzocht de geluidsbarrière liefst niet boven bewoond gebied te doorbreken.

Nog wat gegevens over geluid: het menselijk oor kan geluid met een frequentie tussen 20 en 20.000 Hertz (trillingen per seconde) horen. Dit betekent dat, bij een geluidssnelheid van 340 meter per seconde, de hoorbare golflengte voor ons oor, ligt tussen de 17 meter en 17 millimeter (want golflengte is snelheid gedeeld door de frequentie). Boven de 20.000 Hertz kunnen we geluid niet meer horen maar bepaalde dieren wel (bijvoorbeeld vleermuizen). Geluidsgolven boven de 20 kilohertz noemen we "ultrasonoor" en daarmee kunnen we o.a. voorwerpen, zoals sieraden, reinigen. Hoogfrequent geluid in water kan nierstenen vergruizen.

LICHT

Van geluid naar licht is niet zo'n grote stap. Ook licht bestaat uit golven, maar lang werd er getwijfeld: "Bestaat licht nu uit golven of deeltjes?" In de zestiende eeuw besloot Christiaan Huygens dat licht uit golven bestond. Isaac Newton, beroemd geleerde uit de zeventiende eeuw, was het daarmee niet eens, licht bestond volgens hem uit snelle deeltjes. Er werd daarna nog eeuwen gediscussieerd over de vraag: "Bestaat licht nu uit golven of deeltjes?" Albert Einstein maakte in de twintigste eeuw een eind aan de discussie: beide hebben gelijk, licht gedraagt zich soms als deeltjes, soms als golven. Die lichtdeeltjes noemde hij "Fotonen".

Wat is licht precies? Licht is energie en als je licht als deeltjes ziet, zijn die deeltjes energiepakketjes, die men dus "fotonen" noemt. Hoe ontstaan fotonen? Zoals we weten bestaat alle materie uit atomen. Ook bekend: een atoom heeft een kern waaromheen een wolk elektronen zwermt. Die elektronen cirkelen in "schillen" om de atoomkern en kunnen daar niet zo maar uit. Maar als er energie aan toegevoegd wordt kan zo'n elektron uit z'n baan vliegen naar een

volgende schil. Daar kan het zich niet handhaven en valt terug in z'n eigen schil. Daarbij wordt een foton uitgezonden, licht dus.

Een eenvoudig voorbeeld: Ooit moest ik leren smeden. Je neemt een staaf ijzer en legt die in een smidsvuur: "Je moet ijzer smeden als het heet is". De staaf wordt eerst gewoon warm, daarna heet en begint dan te gloeien. Eerst rood, dan oranje, geel en tenslotte "witheet". De hete staaf zendt daarbij "licht" uit. De elektronen in het ijzer springen door de warmte (energie) uit hun schil en vallen weer terug, onder uitzending van fotonen, licht dus.

Maar als licht niet alleen uit deeltjes maar ook uit golven bestaat, wat golft er dan? Bij geluid golft de lucht, aan het strand zien we het zeewater golven, maar.... wat golft er bij licht?

Men bedacht een hypothetische stof: "ETHER", die overal aanwezig zou zijn. Deze stof zou overal door gaan, stil staan en elastisch zijn. Ze zou uit zeer kleine deeltjes bestaan die de ruimte tussen atomen opvullen. Licht en bijvoorbeeld radio zouden dus "ethergolven" zijn. Één vraag nog, hoe snel bewegen die ethergolven, wat is de snelheid van licht eigenlijk? Later bleek die lichtsnelheid namelijk een zeer belangrijke rol in het heelal te spelen.

LICHTSNELHEID

Tegenwoordig is het meten van de lichtsnelheid geen probleem meer, zelfs met een magnetron en een plak chocolade is het mogelijk om een ruwe schatting te verkrijgen, door de frequentie van het apparaat te vermenigvuldigen met de golflengte, die je op de plak chocolade kan opmeten. Maar vroeger bleek het meten van de snelheid van licht helemaal niet zo eenvoudig. Met lantaarntjes op bergtoppen, zoals Galileo probeerde, lukt dat natuurlijk niet.

De Deen Ole Romer was in de 17^e eeuw de eerste die tot een snelheid kwam die enigszins in de buurt van de werkelijkheid lag. Hij bestudeerde het maantje Io, dat om de planeet Jupiter draait, op verschillende tijdstippen, namelijk als Jupiter dichtbij én als deze ver van de aarde stond. Het was 1676 en men kende de juiste afstand tot Jupiter nog niet precies, waardoor de lichtsnelheid die

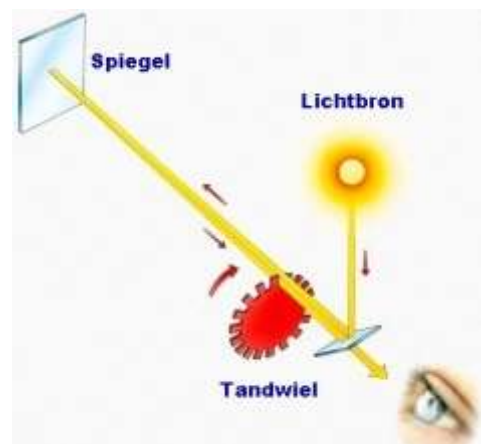
hij berekende ook niet erg nauwkeurig was. Hij kwam op een snelheid van 225.000 km/seconde, toch niet slecht!

Onze beroemde geleerde Christiaan Huygens deed ook een poging, hij combineerde de gegevens van Romer met z'n eigen bevinding dat de zon zo'n 140 miljoen km van de aarde af staat en kwam op een lichtsnelheid van 220.000 km/seconde, niet veel beter.

Later werd de lichtsnelheid op andere manieren gemeten.

Een Franse geleerde, Hypolyte Fizeau, deed in 1849 een poging met een tandwiel. Hij zette een spiegel op een berg en richtte daarna een lichtstraal op die spiegel, acht kilometer

van de lichtbron. De lichtstraal liet hij tussen de tanden van een roterend tandwiel schijnen. Als je het tandwiel nu steeds sneller laat draaien, komt er een punt waarop de gereflecteerde lichtstraal niet meer tussen de tanden door terugkomt, maar óp de tanden schijnt. Fizeau kon toen gaan rekenen



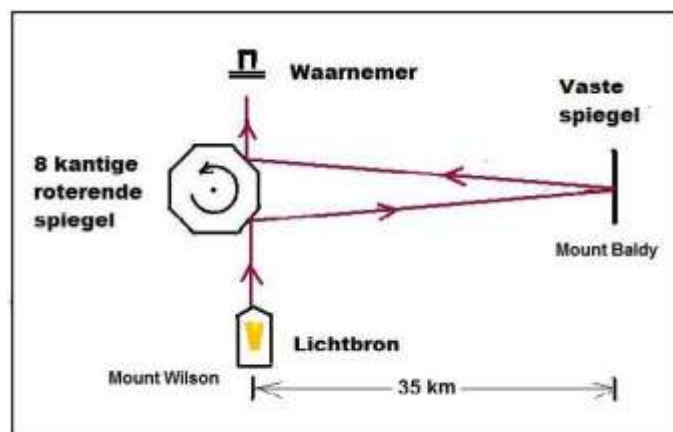
met de afstand tot de spiegel en het toerental van het tandwiel. Hij kwam zo op 313.000 km/seconde, behoorlijk dicht bij de werkelijke waarde

In 1862 maakte Léon Foucault gebruik van een roterende spiegel in plaats van een tandwiel. Hij liet de spiegel snel draaien en mat dan de hoek tussen de heen en terugkomende lichtstraal. Daaruit berekende hij de lichtsnelheid en kwam op 298.000 km/seconde, ook niet slecht!

Nog weer later, rond 1920, herhaalde de Amerikaan Albert

Michelson deze proef, maar nu met een roterende achtkantige spiegel en een vaste spiegel.

Deze achtkantige en de vaste spiegel werden op twee afzonderlijke bergtoppen geplaatst die 35 km van elkaar staan. Albert



stuurde daarna een lichtstraal via de roterende acht spiegels naar de 35 km verderop geplaatste vaste spiegel. Bij een bepaald toerental kaatste het gereflecteerde licht via de roterende spiegels precies in een lens, die in het verlengde van de lichtstraal stond. Bij een bepaald toerental kon Albert de gereflecteerde lichtstraal daar waarnemen. Met dit toerental en de afstand tot de vaste spiegel kon hij de lichtsnelheid nauwkeurig bepalen. Hij deed later ook nog snelheidsmetingen van licht in een lange, vacuüm gezogen buis, want alleen in vacuüm heeft licht de hoogste snelheid, aangeduid met de letter "c". Uiteindelijk kwam men steeds op een lichtsnelheid van ongeveer 300.000 km/seconde, gemakkelijk om mee te rekenen. Thans kan men de waarde c nóg nauwkeuriger bepalen en men is nu gekomen op een snelheid van 299.792.458 meter per seconde in **vacuüm**. In lucht, water of ander medium ligt de snelheid ietsje lager.

De lichtsnelheid speelt een belangrijke rol in het heelal als ultieme snelheid: "niets gaat sneller dan het licht" en "c" komt in vele berekeningen voor. Wel denken sommige dat de lichtsnelheid vroeger veel hoger was, maar bewijs dat maar eens.

ETHER

Die hypothetische stof "ETHER" die overal aanwezig zou zijn, "stil" zou staan en de voortplanting van licht en andere golven (maar niet geluid!) mogelijk zou maken, bestaat die echt? En... als ether echt bestaat, hoe zou je dat kunnen bewijzen?

Twee geleerden, Albert Michelson en Edward Morley, bedachten in 1880 een proef om aan te tonen dat, als er ether bestond, er dan ook "etherwind" moest bestaan die licht kon beïnvloeden. Deze proef kreeg veel aandacht, maar... mislukte! Er werd tot grote teleurstelling van de geleerden geen etherwind aangetoond, wat betekende dat men de etherhypothese moest laten varen.

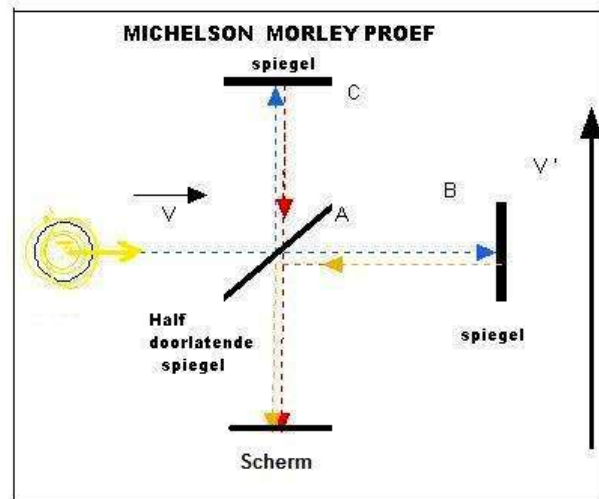
Deze "Michelson-Morley" proef is later nog vele malen herhaald, steeds nauwkeuriger, maar nooit is de etherwind aangetoond, jammer voor de bedenkers van de ethertheorie.

Hoe wilde men de "etherwind" eigenlijk aantonen? Door gebruik te maken van de snelheid waarmee de aarde om de zon draait.

De aarde beweegt met een snelheid van zo'n 30 km per seconde om de zon en moet dus op z'n weg een merkbare "ethertegenwind" ondervinden die de snelheid van licht zou beïnvloeden. Om dit vast te stellen vergeleek men een lichtstraal evenwijdig aan de baan van de aarde met een lichtstraal die er loodrecht op stond.

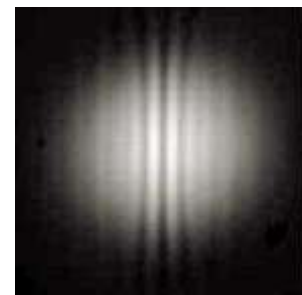
Hoewel 30 km/sec maar een fractie is van de lichtsnelheid, zou een eventueel snelheidsverschil toch zichtbaar moeten zijn als "interferentie". Interferentie van licht treedt op wanneer

lichtgolven elkaar versterken, inhalen of uitdoven en dat zou hier het geval moeten zijn. Die interferentie zou zichtbaar zijn op een scherm als een streep patroon. De proef werd uitgevoerd op een door Michelson ontwikkelde "interferometer". In dit apparaat wordt een lichtbundel door een



lichtbundel door een halfdoorlatende spiegel gesplitst in twee lichtbundels, die haaks op elkaar staan. Deze bundels worden daarna met spiegels weer samengebracht naar een detectiescherm, waarop de interferentie zichtbaar zou worden. De interferometer dreef in een bak met kwik waardoor men het apparaat 90 graden kon draaien. Daardoor zouden twee verschillende interferentiepatronen waargenomen moeten worden. Helaas, dit was

niet het geval, er was geen verschil. Men moest dus concluderen dat de beweging van de aarde rond de zon geen invloed had op de lichtsnelheid en de "ether", in de vorm die de theorie erover aangaf, niet bestond. Ook zou hieruit volgen dat de lichtsnelheid altijd gelijk is, hoe men deze ook meet (in vacuüm).



In de wetenschap van toen wekte de uitkomst van deze proef veel beroering op. Waarom ging het mis? Professor Hendrik Lorentz uit Leiden en de Britse geleerde Fitzgerald trachtten een verklaring te vinden door het begrip "contractie" de schuld te geven. Contractie houdt in dat lichamen in de richting van hun beweging korter worden, een fenomeen dat alleen merkbaar wordt bij zeer hoge snelheden. Uiteindelijk bood Albert Einstein met zijn relativiteitstheorie een sluitende verklaring voor de Michelson-Morley proef. Niet alleen de contractie, ook de invloed van snelheid op de tijd speelde een rol. Vaak denkt men dat het Einstein was die uitgevonden heeft dat niets sneller kan bewegen dan de lichtsnelheid. Dit is echter niet zo. Al eerder was gebleken dat, hoe men ook meet, de lichtsnelheid (in vacuüm) altijd dezelfde is. Maar het was wel Einstein die nadacht over deze bijzondere eigenschap van licht en de wetenschap confronteerde met de vreemde consequenties hiervan. Einstein was ook de man van het "gedachte experiment", waardoor hij, zonder zelf experimenten uit te voeren, z'n theorieën kon ontwikkelen. Ook bedacht hij experimenten voor anderen om z'n theorieën te bewijzen! Zijn eerste gedachte experiment ging over een trein die een bepaald traject rijdt en, precies halverwege, langs een station rijdt. Op het perron staat precies halverwege een "waarnemer" en in de trein staat ook een persoon. Op het moment dat de trein exact halverwege is en de man in de trein zich precies tegenover de man op het perron bevindt, slaat de bliksem *gelijktijdig* in bij het begin- en eindpunt van de trein. "Niet gelijktijdig voor de waarnemer in de trein," zei Albert Einstein. Die lichtflitsen hebben namelijk ietsje tijd nodig om het midden van de trein te bereiken en die is intussen dan iets verder gereden. De man in de trein ziet de bliksemflitsen dus niet op het zelfde moment, de man op het perron wel. Conclusie: gelijktijdigheid bestaat niet, snelheid heeft invloed op de waarnemingen. Verder denkend en gebruik makend van het voorbereidende werk van zijn vriend professor Lorentz (van "de Lorentz transformatie") ontwikkelde hij zo in 1905 zijn "speciale relativiteitstheorie". Deze "S.R.T.", Speciale Relativiteits Theorie, gaat over eenparige bewegingen en de invloed van snelheid op tijd. In zijn S.R.T. komt ook

de beroemde formule $E = mc^2$ voor, die zegt dat massa en energie equivalent zijn. Door die formule is men wel op kernenergie maar ook op de atoombom gekomen. Dit alles heeft Albert netjes beschreven in zijn goed leesbare boekje: "Mijn theorie" (1916).

Later kwam Albert met z'n "A.R.T.", de Algemene Relativiteits-Theorie die gaat over zwaartekracht en versnelde bewegingen. Het gedachte experiment, waardoor Albert z'n ideeën hiervoor kreeg, ging over een lift. Stel, je staat in een dalende lift en de kabel breekt. Je gaat dan versneld omlaag en

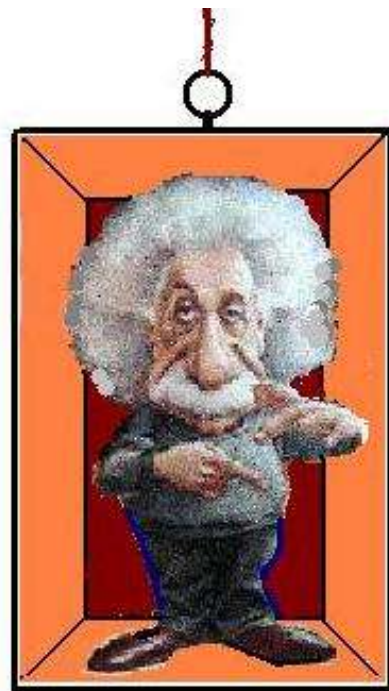
voelt de zwaartekracht niet meer: je wordt gewichtloos. Je zou nu kunnen denken: "Hé, er is plotseling geen zwaartekracht meer" in plaats van "De kabel is gebroken". Nou ja, wat er echt aan de hand is merk je snel genoeg.

Einstein begon na te denken over dit feit en kwam tot de conclusie dat je in de lift niet kan vaststellen wat er precies aan de hand is: kabel gebroken of de zwaartekracht plotseling uitgeschakeld. Ik herinner me dat ik ooit een vliegreis maakte en na een wandelingetje

terugkeerde naar m'n zitplaats. Op het moment dat ik wilde gaan zitten "viel" het vliegtuig (in een luchtzak?). Tot m'n schrik bleef ik zweven boven m'n stoelzitting en het duurde enige seconden voor ik weer op m'n stoel zat. Door de val van het vliegtuig was ik dus tijdelijk gewichtloos, een bijzondere ervaring.

We zagen het ook bij de astronauten, als je met *constante* snelheid ver genoeg de ruimte in reist ben je gewichtloos, want daar is geen zwaartekracht meer. Pas als je ruimtevaartuig door een kracht (van bijvoorbeeld een raketmotor) *versnelt*, krijg je weer "gewicht". Een massa krijgt namelijk pas gewicht als deze *versneld* beweegt óf zich in een zwaartekrachtveld bevindt (zoals wij op aarde).

Het verband tussen kracht en versnelling (of vertraging) was al veel eerder ontdekt door Newton: $Kracht = massa \times versnelling$!



De aantrekkingskracht tussen twee voorwerpen ("massa's") is ook door Newton ontdekt en kan berekend worden met zijn beroemde zwaartekracht formule:

$$\text{Aantrekkingskracht} = "G" \times \frac{(\text{massa voorwerp 1} \times \text{massa voorwerp 2})}{\text{afstand in het kwadraat}}$$

Hieruit blijkt o.a. dat, als je met een raket de aarde verlaat, je al snel buiten de aardse zwaartekracht bent, omdat de "afstand in het kwadraat" spoedig een groot getal wordt en dus de aantrekkingskracht zeer klein. Met deze formule kun je ook berekenen hoe sterk de zon (voorwerp 1) trekt aan een persoon (voorwerp 2). Die kracht is ongeveer 54 gram, heb ik ooit uitgerekend, voor een persoon van 90 kg. De kracht is hier zo klein omdat de afstand (in het kwadraat) zo groot is. Maar omdat de aarde een veel grotere massa heeft houdt de zon toch de aarde in z'n baan. De aarde trekt wél met meer kracht aan die persoon, want dan is de afstand veel kleiner. Met hoeveel kracht? 90 kilo - 54 gram.

"G", de constante van Newton (of zwaartekracht constante), was moeilijk te berekenen, uiteindelijk kwam men op een waarde van "G" die $6,67428 \times 10^{-11}$ bedraagt, een heel klein getal dus.

Albert Einstein zocht de rest van zijn leven naar een nog betere theorie: de "algemene veldentheorie", maar... die heeft hij nooit af kunnen maken. En de zwaartekracht? Die verklaarde hij als zijnde een kromming van de ruimte door aanwezigheid van een massa, maar of dat werkelijk zo is? "Zwaartekracht" (of aantrekkingskracht tussen twee massa's) is één van de belangrijkste maar ook meest onbegrepen krachten in het heelal en zwaartekrachtdeeltjes ("gravitonen") zijn nog nooit gevonden.

ELECTROMAGNETISCH VELD

Doordat men had moeten besluiten dat de ether niet bestond in de vorm die men voor ogen had, stond men voor het raadsel: "Hoe planten licht en andere golven zich dan wél voort?" Michael Faraday

had al bedacht dat er elektrische en magnetische "velden" moesten bestaan waardoor golven zich konden voortplanten, maar het was de Schot James Clerk Maxwell die in 1861 een sluitende theorie over het "elektromagnetisch veld" publiceerde, welke nog steeds als een groots en belangrijk werk wordt gezien. Zijn theorie bestaat uit vier beroemde vergelijkingen. Ter illustratie volgen ze hier (zonder uitleg, want ik begrijp ze niet erg):

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

Hierin is

D = Diëlektrische verplaatsing

B = Magnetische inductie

E = Elektrische veldsterkte

H = Magnetische veldsterkte

J = Stroomdichtheid

Het elektromagnetische veld zou de gehele ruimte, het "heelal" dus, vullen. Licht (IR, UV en zichtbaar licht) kunnen we zien als een elektromagnetische straling. Lichtgolven bewegen zich, net als radiostraling en magnetisme, door dit "veld". Maar... of dit "elektromagnetische veld" ergens uit bestaat weet volgens mij nog niemand. Misschien toch uit zeer kleine, (nog) niet waarneembare deeltjes? Iets moet er toch golven?

Licht is niet de enige elektromagnetische straling, we kennen intussen allerlei soorten straling c.q. elektromagnetische golven.

Hierbij een overzichtje:

Soort	Golflengte	Frequentie
- Radio "lange golf"	10km - 1 km	30 -300 Khz
- Radio "middengolf"	1 km - 100 m	300 - 3000 Khz
- Radio "korte golf"	150 m - 10 m	2 - 30 Mhz
- Radiogolven FM/TV	10 m - 1m	30 - 300 Mhz
- Micro golven	1000 mm - 1 mm	0,3 - 300 Ghz
- Radargolven	300 mm - 0,1 mm	30 - 100 Ghz

- Infrarood IR	1 mm - 750 Nm	0,3 - 394 Thz
- Zichtbaar licht	750 - 380 Nm	394 - 789 Thz
- Ultraviolet licht	380 - 10 Nm	0,789 - 30 Phz
- Röntgenstraling	10 - 0,1 Nm	30 Phz - 3 Ehz
- X-straling	100 - 1 Pm	3 Ehz - 30 Zhz
- Gammastraling	1 - 0,01 Pm	3 Ehz - 30 Zhz
- Kosmische straling	> 0,01 Pm	> 30 Zhz
-		

Golflengte: Nm = Nanometer en Pm = Picometer,

Frequentie: Khz = Kilohertz, Mhz = Megahertz, Ghz = Gigahertz,

Thz = Terahertz, Phz = Petahertz, Ehz = Exahertz, Zhz =

Zettahertz (in stappen van 1000)

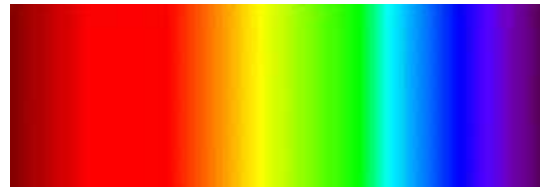
Elektromagnetische straling bestaat, zoals eerder vermeld, uit fotonen en het hangt van de golflengte c.q. frequentie af welke naam de straling heeft. Het stralingsoverzicht loopt van lange naar steeds kortere golflengte. Des te korter de golflengte, des te hoger de frequentie en ook de energie van de straling, maar de kracht van straling hangt natuurlijk ook af van de intensiteit en die wordt bepaald door de aantallen fotonen.

We zien uit deze tabel ook dat de voor ons zichtbare straling slechts een heel klein gebiedje (750 - 380 Nm) in de lijst van golflengtes beslaat. Eigenlijk is dit onjuist: licht is pas zichtbaar voor ons als het ergens op valt (bijvoorbeeld op ons oog), licht zelf is onzichtbaar. Stralingen met golflengtes die korter zijn dan "zichtbaar" licht, zoals ultraviolet licht, zijn schadelijk voor mens, dier en plant. De gevaarlijkste straling is de gammastraling, die bijna overal door dringt en elektronen uit de atomen weg slaat. Kosmische straling is ook zeer gevaarlijk, ze bestaat vooral uit snelle deeltjes en die worden gelukkig grotendeels tegengehouden door onze dampkring.

SPECTRUM

De grote Engelse geleerde Isaac Newton deed indertijd een belangrijke ontdekking: zonlicht bestaat uit alle kleuren. Op een dag

kwam hij z'n kamer binnen waar toevallig een lichtstraal door een nauwe spleet op de vloer scheen.



Newton zag een prachtige band van kleuren zoals we die kennen van de regenboog. Hij zag het belang ervan en ging zich verdiepen in licht. Hij liet later licht door een prisma vallen en verkreeg zo een duidelijkere band met de kleuren: Rood, Oranje, Geel, Groen, Blauw, Indigo en Violet. Die gekleurde band noemde hij "spectrum", Latijns voor "verschijning" of "spook". De ontdekking van het lichtspectrum was een belangrijke stap voorwaarts. Na Newton bestudeerden steeds meer geleerden de spectra van allerlei soorten licht, van kaarslicht tot zonlicht en later ook het licht van sterren. Steeds betere methodes werden gevonden om een bruikbaar spectrum te verkrijgen en zo ontstond de spectrometer en de spectrograaf waarmee licht kan worden geanalyseerd.

Wit licht blijkt dus een mengsel te zijn van de "regenboog kleuren" die elk een bepaalde golflengte hebben. We zagen dat het voor de mens zichtbare licht een golflengte gebied van 380 - 750 nanometer bestrijkt. De bijbehorende frequentie is eenvoudig te berekenen door de lichtsnelheid te delen door de golflengte, maar de frequentie van kleuren wordt eigenlijk nooit vermeld.

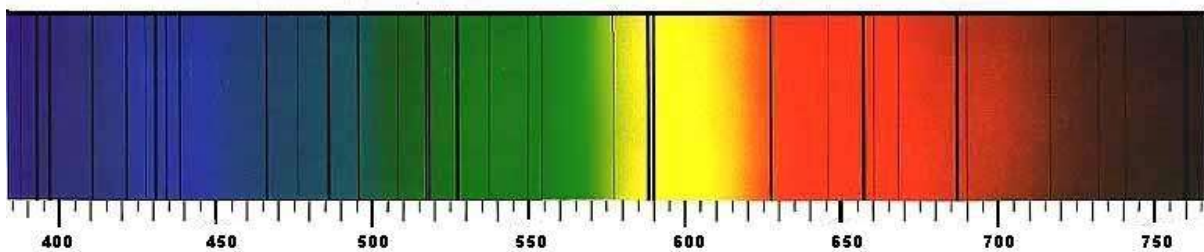
Hierbij toch een tabelletje van de lichtkleuren, waarbij de frequentie in THz = Terahertz en de golflengte in Nanometer is aangegeven. 1 Terahertz is een biljoen hertz, 1 Nanometer is een miljardste meter.

<u>Kleur</u>	<u>Frequentie</u>	<u>Golflengte</u>
Violet	668 - 789 THz	380 - 450 Nm
Indigo	631 - 668 THz	450 - 465 Nm
Blauw	606 - 630 THz	476 - 495 Nm
Groen	526 - 606 THz	495 - 570 Nm
Geel	508 - 526 THz	570 - 590 Nm
Oranje	484 - 620 THz	590 - 620 Nm
Rood	400 - 484 THz	620 - 750 Nm

Is de golflengte meer dan 750 Nanometer, dan komen we in het infrarood gebied (warmtestraling) dat voor ons onzichtbaar is. Is de golflengte minder dan 380 Nm dan komen we in het ultraviolet gebied, eveneens licht dat onzichtbaar is voor de mens.

Hieruit kunnen we ook concluderen dat een gekleurd voorwerp een deel van het opvallende witte (zon)licht absorbeert en de rest als kleur reflecteert. Wit licht is immers een mengsel van alle kleuren. En waar blijft het geabsorbeerde licht? Dat geeft z'n energie af aan het gekleurde voorwerp. Is een voorwerp zwart dan worden alle golflengtes geabsorbeerd, bij een wit voorwerp worden alle kleuren als wit licht gereflecteerd, het voorwerp blijft dus koeler.

SPECTRAAL LIJNEN



Een zekere Wollaston (in 1802) en wat later Fraunhofer (in 1814) bestudeerden het spectrum van zonlicht en ontdekten daarin donkere lijnen, waarvan men toen nog weinig begreep. Later bleek dat die lijnen allerlei informatie geven over de bron van het te analyseren licht. Men noemt ze nu Fraunhofer lijnen. De verzamelnaam is spectraallijnen.

Er werden in spectra van andere lichtbronnen nog veel meer lijnen ontdekt, zowel donkere als lichte lijnen. De lichte spectraallijnen, weet men nu, zijn "emissielijnen", de donkere zijn "absorptielijnen". Deze lijnen blijken te maken hebben met de chemische samenstelling en temperatuur van de lichtbron en ook met het gas waar licht eventueel doorheen valt. Pas later, toen men de bouw van een atoom beter kende begreep men meer over de betekenis van deze spectraallijnen.

ZON

Onze zon bestaat voornamelijk uit Waterstof en Helium. In het inwendige van de zon fuseren de waterstofatomen met elkaar waarbij Helium ontstaat en grote hoeveelheden energie. Daarom zijn in het spectrum van zonlicht vooral spectraallijnen van deze twee elementen te zien. De zon staat op (bijna) constante afstand van de aarde en deze lijnen komen daarom op vaste golflengtes in het spectrum voor. Het zonnespectrum vormt zo een standaard voor andere lichtspectra, een soort streepjescode. Waterstof en Helium hebben duidelijke lijnen in het spectrum op de volgende golflengtes:

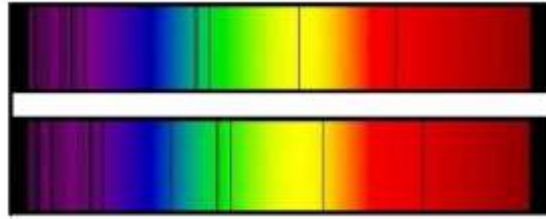
<u>Waterstof H</u>	<u>Helium He</u>
656,3 Nm (in het rood)	706,5 Nm (in het rood)
486,1 nm (in het blauw)	667,8 nm (in het rood)
434,1 nm (in het blauw)	587,6 nm (in het geel)
410,2 nm (in het violet)	501,6 nm (in het groen)
397,0 nm (in het violet)	501,6 nm (in het groen)
	471,3 nm (in het blauw)
	447,2 nm (in het violet)

In de astronomie spelen lichtspectra een belangrijke rol. Door het licht van sterren en sterrenstelsels via spectra te analyseren komt men niet alleen steeds meer te weten over de samenstelling en temperatuur van sterren en stelsels, maar ook over de afstand, leeftijd en snelheid.

ROODVERSCHUIVING

Met de ontdekking van het lichtspectrum en steeds betere methodes om ook lichtspectra van verafgelegen sterren en sterrenstelsels te analyseren, werd de "roodverschuiving" (Engels "redshift") ontdekt. Vergeleken met het standaardspectrum van de zon bleek namelijk dat de spectraallijnen in de lichtspectra van sterren en sterrenstelsels verschoven waren, bijna alles in de richting rood. De

bekende spectraallijnen staan dan niet meer op hun standaard golflengtes, maar zijn verschoven naar langere golflengtes. Eigenlijk moeten we zeggen dat het spectrum verschoven is ten opzichte van de spectraallijnen



(Het onderste, verschoven spectrum is van groep BAS 11, afstand ongeveer 1 miljard lichtjaar, snelheid 21000 km/sec)

Het tegengestelde effect bestaat ook: "Blauwverschuiving", dan is het lijnenpatroon richting blauw (ik zou zeggen violet) verschoven, maar dit komt veel minder voor.

Hier komt eindelijk de rol van het Doppler effect aan bod, want de waargenomen rood- (en blauw) verschuiving kan worden verklaard met het Dopplereffect. Een ster met een spectrum dat roodverschuiving vertoont beweegt zich van ons af, daar de golflengte van z'n uitgezonden licht langer geworden is (net als bij geluid). Sterren of sterrenstelsels die blauwverschuiving vertonen komen dus op de aarde af. Gelukkig beweegt bijna alles zich van ons af. Een enkel stelsel komt op ons af zoals het dichtst bij zijnde sterrenstelsel "Andromeda". Dit stelsel zal volgens sommige astronomen op den duur met ons melkwegstelsel in botsing komen (maar dat zal wel nog even duren).

De roodverschuiving wordt aangegeven met de letter 'z' en wordt berekend door de golflengte (λ) van de verschoven spectraallijnen te vergelijken met die in het standaard zonnenspectrum. Hieruit volgt dan dat:

z = de gemeten golflengte min de standaard golflengte gedeeld door de standaard golflengte (Golflengte in nanometer)

In formulevorm:
$$z = \frac{\lambda_{\text{gemeten}} - \lambda_{\text{standaard}}}{\lambda_{\text{standaard}}}$$

Eigenlijk is de roodverschuiving alleen goed vast te stellen bij snel van ons af bewegende sterren stelsels, maar die blijken in het heelal volop voor te komen. Astronomen begonnen de spectra van steeds meer sterren en sterrenstelsels te bestuderen en bemerkten dat de meeste spectra roodverschuiving vertoonden. Rond 1920 hadden de astronomen Slipher en Pease de roodverschuiving van allerlei sterren (stelsels) gemeten. Later bleken die metingen goed van pas te komen. Tot de eeuwwisseling dacht men eigenlijk dat het heelal alleen bestond uit ons Melkwegstelsel. Inderdaad behoren de sterren die je met het blote oog ziet (bijna) uitsluitend tot de Melkweg. Maar toen er grotere en sterkere telescopen gebouwd werden kon men steeds dieper in het heelal kijken en zag men dat er ook vele sterrenstelsels buiten onze "Melkweg" voorkomen.

In 1923 had ook de Amerikaanse astronoom Edwin Hubble met hulp van de grote telescoop van Mount Wilson ontdekt dat de vele "nevels" die men in 't heelal zag in werkelijkheid hele melkwegstelsels ("galaxies") waren ("gala" is Grieks voor melk).

In 1929 deed hij weer een belangrijke ontdekking. Bij bestudering van de gegevens van Slipher en Pease merkte Hubble op dat er een duidelijk verband bestond tussen de roodverschuiving (z) en de afstand tot de aarde. Niet alleen: hoe meer roodverschuiving, hoe hoger de snelheid, maar (volgens Hubble) ook hoe verder weg van de aarde.

Dit werd de basis voor de "**Wet van Hubble**". Deze wet luidt:

De afstand "d" tot de aarde is: de snelheid "v" gedeeld door een constante "H₀".

$$d = v : H_0$$

Leuk en aardig maar..... hoe kom je aan die snelheid v en hoe groot is de constante " H_0 "? Wel, de snelheid " v ", de snelheid waarmee een sterrenstelsel met roodverschuiving zich van ons af beweegt, kan berekend worden met de benaderingsformule:

Snelheid v is de roodverschuiving z maal de lichtsnelheid c

$$v \approx z \times c$$

Met deze formule was Edwin Hubble het niet eens. Hij had gelijk, dit kan natuurlijk nooit een juiste formule zijn want hoe verder men in het heelal kijkt, en met de steeds betere telescopen kon dat toen ook al, hoe meer roodverschuivingen men met $z = 1$ of meer vond. Dan zou de snelheid dus meer dan c bedragen en dat kan toch niet? Genoemde formule blijkt alleen enigszins te voldoen voor sterren van ons eigen melkwegstelsel, die een veel kleinere roodverschuiving hebben, maar is verder onjuist.

Intussen zijn roodverschuivingen tot $z = 5$ (en zelfs nog meer) ontdekt. Hoe moet je de verwijderingssnelheid v van die verder weg staande sterren en sterrenstelsels dan wel goed berekenen?

Op zoek naar een betere methode ontdekte ik in Wikipedia een formule die juist zou zijn, maar waar moeilijker mee te rekenen is:

$$z = \sqrt{\frac{c + v}{c - v}} - 1 = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} - 1$$

Hierin is dus z de roodverschuiving, die berekend kan worden met de eerder genoemde formule voor z . c is de lichtsnelheid (300.000 km/sec.) en v is dan de snelheid waarmee een ster of sterrenstelsel zich van ons af beweegt.

Deze formule bevat me eigenlijk ook niet, er moet toch een betere methode te vinden zijn om v wat makkelijker te berekenen? Die vond ik in de volgende formule:

$$v = [\{(z + 1)^2 - 1\} : \{(z + 1)^2 + 1\}] \times c \quad (^2 \text{ is kwadraat})$$

Rekenvoorbeelden:

$$\text{Bij } z = 1 \text{ is } v = \{ (4 - 1) : (4 + 1) \} \times 300.000 \text{ km/sec}$$

$$v = (3 : 5) \times 300.000 = 180.000 \text{ km/sec}$$

Ergens las ik dat bij zeer ver van ons af staande sterrenstelsels, met een gemeten roodverschuiving van $z = 5$, men op een vluchtsnelheid v uitkomt die 95% van lichtsnelheid bedraagt. Even narekenen met de (nieuwe) formule:

$$v = \{ (36 - 1) : (36 + 1) \} \times 300.000 = 283.784 \text{ km/sec}$$

Dat is inderdaad ongeveer 95 % van de lichtsnelheid.

Nog een voorbeeld dat ik vond, maar nu voor het berekenen van de afstand. Hier komt het:

In het spectrum van een sterrenstelsel meet men een roodverschuiving van 400 naar 980 Nanometer (infraroodgebied).

Dan is $z = (980 - 400) : 400 = 1,45$.

Hoe groot is H_0 (de Hubble constante) eigenlijk? Die hebben we nodig. Ik kom verschillende waardes tegen, o.a. 70 km/sec. Dan gebruik ik deze waarde maar.

Voor $z = 1,45$ lees ik dat $v/c = 0,7154$.

Bij een H_0 van 70 km/sec komt men dan op een afstand:

$(0,7154 \times c) : H_0 = 3065,9 \text{ Megaparsec} (= 31 \times 10^{12} \text{ km})$

en dat is ongeveer 10 miljard lichtjaar, dus erg ver weg. Even zelf de snelheid v narekenen met die eerder genoemde formule:

$$v = \{ (2,45^2 - 1) : (2,45^2 + 1) \} \times 300.000 =$$

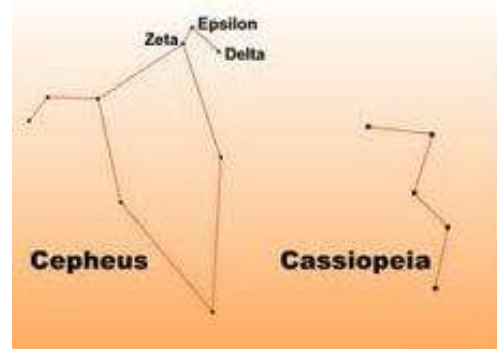
$$v = (5,0025 : 7,0025) \times c \quad \text{dus } v/c = 0,7144 \text{ niet slecht!}$$

$$v = 214.320 \text{ km/sec}$$

HUBBLE CONSTANTE

Om met de wet van Hubble te rekenen moeten we natuurlijk weten hoeveel die "constante van Hubble" nu écht bedraagt. Deze " H_0 " van Hubble bleek moeilijk vast te stellen en was in het begin allesbehalve "constant", steeds veranderde de waarde. Uiteindelijk werd " H_0 " vastgesteld met behulp van een bepaald soort sterren die men

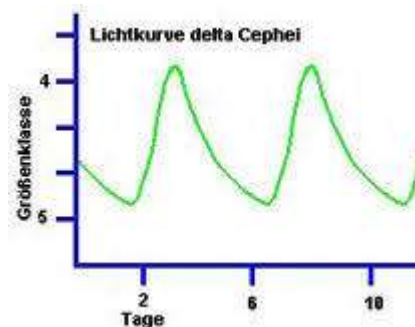
"Cepheiden" noemt. Cepheiden zijn geen normale sterren. Ze zijn genoemd naar de ster δ Cephei uit het sterrenbeeld Cepheus (vlakbij Cassiopeia). Deze ster, waarvan de afstand tot de aarde redelijk nauwkeurig bekend was, heeft een bijzondere eigenschap, die ik hierna zal trachten te verduidelijken. Door die eigenschap hebben de Cepheiden namelijk een belangrijke rol gespeeld in de vroege afstandsbepaling van sterren in het heelal. Later kwamen er nog wel wat andere methoden, maar voor de veel verder weg staande sterrenstelsels bleef het een moeilijke zaak en dus kwam de wet van Hubble als geroepen.



Na veel rekenen en discussie werd de waarde voor H_0 vastgesteld op 72 km/seconde/Megaparsec (met een marge van 4) en deze " H_0 " zou dus de juiste "constante van Hubble" zijn. (Toch zie ik hier en daar nog steeds andere getallen).

CEPHEÏDEN

Nu de Cepheiden: De ster δ Cephei is een zeer grote "pulserende" ster in het sterrenbeeld Cepheus, die zeer helder is en niet al te ver weg staat ("slechts" 887 lichtjaar). Hij is zelfs met het blote oog te zien (als je weet waar hij staat, bij Cassiopeia dus). Deze ster behoort tot ons melkwegstelsel en men kon door parallaxmeting (hoekmeting vanaf twee punten) de afstand redelijk nauwkeurig bepalen. Mevrouw Henrietta Leavitt was de eerste die ontdekte dat deze ster een bijzondere eigenschap heeft: een zeer regelmatige verandering in lichtsterkte en tijd. Zij begon dit gedrag te bestuderen en ontdekte later nog veel meer van dergelijke sterren, die we nu "cepheiden" noemen. Ze staan veel verder weg dan δ



Cephei, maar pulseren ook met vaste regelmaat. Hiermee ging ze aan het werk.

In 1912 publiceerde zij de "*Cepheïde variabele periode-helderheid relatie*". Ze vergeleek 25 Cepheïden met δ Cephei en ontwikkelde een rekenmethode om de afstand van verre Cepheïden te bepalen.

Sindsdien zijn er nog veel meer Cepheïden ontdekt en met de methode van Leavitt kon Edward Hubble uiteindelijk zijn constante H_0 berekenen. Ook kon Hubble nu met zijn "wet van Hubble" de afstand van sterrenstelsels, die zeer ver weg staan, nauwkeuriger bepalen.

UITDIJING van HET HEELAL.

De wet van Hubble had verstrekkende consequenties. Uit deze wet volgde dat het Heelal niet statisch is, maar "uitdijt" en hoe verder je kijkt hoe sneller. Dit was in 1927 al eens geopperd door de Belgische priester/geleerde Georges Lemaître, maar nu was er een redelijk solide onderbouwing voor.

Die uitdijning van het Heelal is toch wel een merkwaardige zaak! Vliegt alles van ons af? Zijn wij dan het centrum van het Heelal? Ja, wij zijn het centrum van het voor ons zichtbare heelal, nee we zijn niet het centrum van het totale heelal.

Een manier om de uitdijning te begrijpen is het heelal te zien als een homp deeg voor een krentenbrood, dat aan het rijzen is. De krenten komen hierbij steeds verder van elkaar te liggen. Op dezelfde wijze neemt ook de afstand tussen de sterrenstelsels onderling toe.

Wat toch wel bedenkelijk is: de snelheden aan de rand van het (voor ons aardmensen zichtbare) heelal zouden volgens Hubble 's wet de lichtsnelheid benaderen. De vraag rijst dan ook of de snelheden *buiten* het voor ons zichtbare heelal dan nog hoger kunnen zijn, hoger dan c ? We weten het niet, want daar kunnen wij niet kijken.

Met de wet van Hubble kon men ook de leeftijd van het heelal berekenen, die bleek ongeveer 13,7 miljard jaar te bedragen.

Maar de meest bizarre hypothese die toen gevormd werd, was die over het ontstaan van het Heelal, o.a. ook weer door de Belgische

priester Lemaître: Alles zou begonnen zijn met een oneindig klein, zeer sterk geconcentreerd punt, dat explodeerde en in zeer korte tijd expandeerde tot een beginnend heelal. Die expansie in zeer korte tijd noemt men "inflatie". De Engelse astronoom Fred Hoyle hoorde hiervan en introduceerde het begrip "Big Bang", maar dat was ironisch bedoeld want zelf geloofde hij er niet in. Hij was de man van het "steady state" heelal.

Bij deze Big Bang, in het Nederlands "Oerknal" genoemd, zou uit het niets alles ontstaan zijn, zelfs de tijd. Je kan dus niet vragen: "Wat was er voor oerknal?", want toen was er nog geen tijd. ????? Ook kan je niet vragen: "Waar kwam al die materie en energie vandaan?", want er was niets. ?????

EINSTEIN

Albert Einstein, de grootste geleerde van de twintigste eeuw genoemd, was altijd van mening geweest dat het heelal statisch was, in ieder geval niet uit zou dijen. Echter tot zijn schrik bleek, uit zijn eigen berekeningen, dat het heelal niet statisch kón zijn. Óf het heelal krimpt, óf het expandeert, maar statisch is het niet.

Omdat hij dit niet kon accepteren voerde hij in zijn berekeningen de "kosmologische constante" (Λ) in, waarna het heelal weer statisch bleef.

Albert voerde zijn berekeningen uit in 1917, toen men nog niet echt wist dat het heelal niet alleen uit ons melkwegstelsel bestond, maar dat het heelal veel groter was en dat er miljarden melkwegstelsels in het heelal bestaan.

Toen uit steeds meer waarnemingen en berekeningen bleek dat het heelal wel degelijk expandeert, gaf hij zijn fout toe en zei dat de invoering van de kosmologische constante "de grootste blunder van z'n leven" was. Maar... was het wel zo'n blunder? Thans wordt weer aan een dergelijke constante gedacht, maar nu om de "donkere energie en materie" te verklaren. Bij de berekeningen over de hoeveelheid materie in het heelal is men namelijk een zeer hoog

percentage (meer dan 90 %) "kwijt" en men heeft daar nog steeds geen echte verklaring voor.

Een vraag van mij: uit welke berekening van Einstein blijkt eigenlijk dat het heelal expandeert? Ik ging op zoek en vond de formule waaruit zou blijken dat het heelal niet statisch was.

$$"R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} (+ \Lambda g_{ab}) = k T_{ab}"$$

Dit is dus Einsteins veldformule en " Λg_{ab} " is hierin de "kosmologische constante", die hij dus later in de formule invoerde. Daar dit hogere wiskunde is (die ik niet beheers), kan ik er verder weinig over zeggen. Einstein zelf had ook moeilijkheden met dit soort "hogere" wiskunde en vroeg nogal eens assistentie aan bevriende wiskundigen bij het ontwikkelen van z'n formules. Hoe deze kosmologische constante de "donkere energie en massa" dan wél kan verklaren, dat is een nieuwe vraag waar ik ook (nog) geen antwoord op gevonden heb.

OERKNAL

Volgens een groot deel van de wetenschap ontstond het heelal dus 13,7 miljard jaar geleden met de oerknal en begon daarna steeds sneller uit te dijen. Maar...die oerknal blijft een vreemde zaak. Zoals James Sorensen het uitdrukte: "In het begin was er niets. Dat niets explodeerde en dat werd het heelal." Hoe verzin je het !

Dat het heelal niet statisch is, maar uit een oneindig klein en geconcentreerd punt zou zijn ontstaan en steeds verder uitdijt zou dus afgeleid zijn uit de relativiteitstheorie van Einstein. De roodverschuiving van Hubble is een belangrijke ondersteuning voor deze oerknaltheorie. Volgens Hubble blijkt uit de roodverschuiving dat, hoe verder sterrenstelsels weg staan, hoe sneller ze zich van ons af bewegen en dus moet het heelal lang geleden uit een punt, dat explodeerde, ontstaan zijn en dijt het sindsdien steeds sneller uit. Maar op de vraag: "Waarom explodeerde dat punt juist op dat tijdstip en waar kwam die energie vandaan?" is nog nooit een

bevredigend antwoord gegeven, anders dan: "Toen begon de tijd"???? En die energie was "geconcentreerd in dat punt." ??? En hoe weet men dat de "inflatie", een "fase van exponentiële uitbreiding", direct na die "big bang" ongeveer 10^{-40} à 10^{-36} seconde duurde, waarbij het heelal tussen de 10^{36} en 10^{100} maal zo groot werd? Die theorie is van de Amerikaan Alan Guth die zijn inflatie theorie in 1981 publiceerde. En dan nog....wat is het belang te weten in welk deel van een seconde het heelal is ontstaan? Wat moeten we met getallen met 36 en meer nullen, onder de streep? Een tijd van één gedeed door sextiljoen (1 met 36 nullen) deel van een seconde? Dat is geen fractie van een seconde, dat is.....laat ik het maar houden op: "nog veel korter".

Men blijkt ook te weten hoe en wanneer de vrijgekomen energie omgezet werd in fotonen, elementaire deeltjes, gaswolken, materie en uiteindelijk in sterren en sterrenstelsels: "Na 380.000 jaar"???? Maar weet men wel zeker dat het heelal met de oerknal begonnen is? Steeds meer mensen, begrijp ik, twijfelen daar aan.

Laten we eerst eens kort samenvatten wat men thans *denkt* te weten over het heelal:

- Ons zonnestelsel bevindt zich in een uithoek van ons Melkwegstelsel.
- Ons melkwegstelsel bevat ongeveer 400 miljard sterren en zonnestelsels en behoort tot de "lokale groep".
- De lokale groep is een cluster van sterrenstelsels en bevat zo'n 30 melkwegstelsels, waaronder de Andromedanevel (die met blauwverschuiving).
- De dichtstbijzijnde volgende groep is de "Virgo cluster".
- De "lokale groep" en de "Virgo groep" zijn onderdelen van de "lokale super cluster", een enorme groep sterrenstelsels waarvan er zeer veel zijn in het heelal. De dichtstbijzijnde is de Fornax super cluster.
- Het heelal bestaat naar schatting uit ongeveer 100 à 200 miljard Melkwegstelsels ("Galaxies").
- Het heelal bestaat naar schatting uit 70 triljoen sterren. (Een triljoen is een 1 met 15 nullen.)

- Het heelal is (laatste schatting) $13,772 \pm 0,059$ miljard jaar oud
- De samenstelling van het heelal is waarschijnlijk als volgt:
 - 4,6% van het heelal bestaat uit gewone materie
 - 24 %, is donkere materie
 - 71,4 % is donkere energie.
- De straal van het zichtbare, voor ons aardmensen waarneembare heelal zou +/- 13,8 miljard lichtjaar bedragen.
- De straal van het totale heelal zou ongeveer 46 miljard lichtjaar bedragen (omdat het heelal intussen een stuk verder uitgedijd is).

KOSMISCHE ACHTERGRONDSTRALING

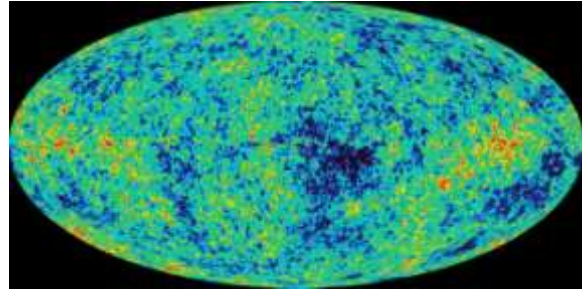
Als het heelal werkelijk bij de oerknal is ontstaan, redeneert de wetenschap, moet er nog wat over zijn van de enorm hoge temperatuur die er vlak na de big bang heerste. Dit idee werd in 1948 geopperd door de Russische geleerde *George Gamov*.

In 1965 hebben twee jonge onderzoekers van Bell: *Wilson* en *Penzias*, dit overblijfsel van de warmtestraling van de oerknal, bij toeval, ontdekt. Hoe ging dat in z'n werk? Zij waren bezig met een antenne en hadden last van "ruis", een stoorsignaal dat ze maar niet kwijt raakten. Uiteindelijk waarschuwden ze maar eens wat geleerden en wat constateerden die? Die "ruis" bleek de "kosmische achtergrondstraling" te zijn.

Zonder het te weten, kennen de ouderen onder ons die "kosmische achtergrondstraling" ook nog wel. In de zestiger jaren zag je vaak een soort "sneeuw", grote en kleine stippen op je tv scherm, bij voorbeeld als een zender uitviel of als je "geen signaal" (van de studio) had. In die tijd kwam het tv signaal nog via een antenne op het dak binnen en die "sneeuw"? Dat was dus de storing waar ook *Wilson* en *Penzias* last van hadden en waarvan later bleek dat het straling was die uit de ruimte komt.

Door de uitdijing van het heelal is deze straling, die eerst zeer heet(?) en intens was, intussen sterk verzwakt. De golflengte van deze straling is nu veel langer geworden en ligt in het microgolf gebied.

We weten (zie eerdere tabel) dat de golflengte van warmte ("IR") straling tussen 750 Nanometer en 1 Millimeter ligt. De golflengte van de



heelalstraling van nu heeft men gemeten op 1,9 Millimeter en is dus sterk uitgerekt sinds de oerknal. Maar.... hoe komt men er bij dat de huidige temperatuur van het heelal nu 2,7K is? Hoe kan een lege ruimte een temperatuur hebben? Op zoek dus.

Elektromagnetische straling (en dus ook de kosmische achtergrondstraling) bestaat uit fotonen. Fotonen hebben wél een bepaalde golflengte en frequentie, maar geen temperatuur. Wat blijkt? De intensiteit en golflengte verdeling van de kosmische achtergrondstraling zou overeenkomen met de intensiteit en golflengteverdeling van een voorwerp ("zwart stralend lichaam") met een temperatuur van 2,7 K (dat is 2,7 graden boven het absolute nulpunt), dus zegt men nu dat 2,7 K de temperatuur van het heelal is. Een vreemde redenering, een lege ruimte kan geen temperatuur hebben, maar volgens de wetenschap blijkbaar wel.

Ook deze kosmische achtergrondstraling bevestigt volgens de geleerden de oerknaltheorie. Er zijn echter ook wetenschappers die juist het tegenovergestelde beweren. De verdeling van de straling is namelijk heel gelijkmatig, maar vertoont toch zeer kleine maar meetbare afwijkingen. Dit hebben de Amerikaanse ruimtetelescopen COBE en WMAP onderzocht en de resultaten worden een doorbraak genoemd. Men heeft toen ook een kaart gemaakt en gepubliceerd van (een deel van) het heelal, waarop de fluctuaties te zien zijn.

Met die heel kleine variaties in "temperatuur" kun je twee kanten op en zo kunnen beide kampen dit zowel als argument vóór of tegen gebruiken. Intussen zoekt de Europese ruimtetelescoop "Planck" verder naar meer bijzonderheden over deze overgebleven "kosmische achtergrondstraling".

STERRENBEELDEN

Als je je verdiept in het heelal kom je vanzelf ook de "sterrenbeelden" tegen. De oude astrologen zagen blijkbaar allerlei afbeeldingen in de sterrenbeelden en gaven ze namen die nu nog gebruikt worden.

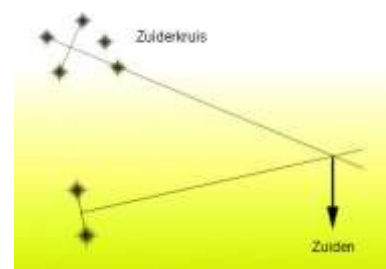
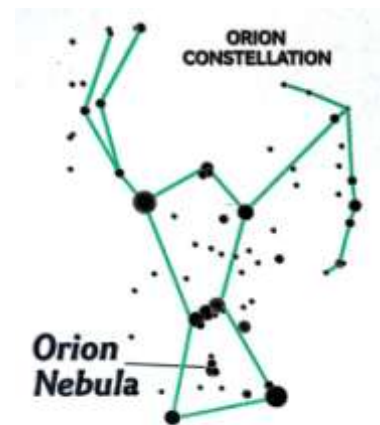
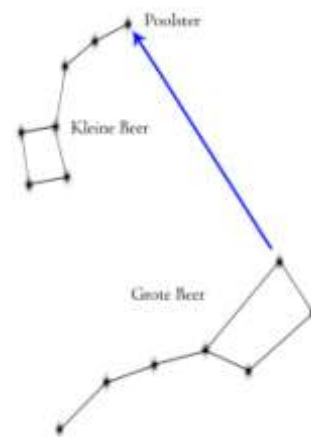
Kijken we in Nederland in een heldere nacht naar boven, dan zien we redelijk wat sterren én enkele planeten. Maar wil je écht myriaden sterren zien, dan moet je in een "woestijnland" zijn, waar de lucht droog is en écht helder. Daar in de desert zie je 's nachts een sterrenhemel met duizenden sterren. Hier

is de Melkweg zelden te zien, maar bijvoorbeeld in Tsjaad, waar ik een tijdje doorbracht, zie je behalve volop sterren ook een zeer duidelijke, melkachtige "weg" van sterren, die over de gehele hemel loopt. Hier in Nederland kunnen we toch ook wel diverse sterrenbeelden zien. De meeste onder ons kennen de "Grote Beer" of het "Steelpannetje", die ons via de "Kleine Beer" het Noorden aanwijst. Ook zie je vaak een grote "W" recht boven ons, het sterrenbeeld "Cassiopeia".

Een van de bekendste sterrenbeelden, die vaak te zien is, dat is "Orion", een enorme rechthoek waarin drie sterren staan: de "Drie Koningen". De vier hoeksterren heten: Betelgeuze, Bellatrix, Rigel en Saiph.

Op het zuidelijk halfrond domineert het "Zuiderkruis", een grote vlieger waarmee je het zuiden kan vinden.

Toen er nog geen satellietnavigatie bestond (nog niet zo lang geleden!) waren de sterrenbeelden: Orion, Grote Beer en het Zuiderkruis, nuttig om bepaalde, voor



navigatie belangrijke sterren te kunnen vinden.

Zo kun je met de Grote Beer de Poolster vinden. De Poolster staat bijna precies in het verlengde van de aardas, heel handig om het Noorden te vinden. Met hulp van het sterrenbeeld Orion kun je "Aldebaran" opzoeken. Deze rode ster was vroeger van belang voor het maken van een "ster bestek", dat op schepen gebruikt werd voor plaatsbepaling.

Sterrenbeelden worden ook nu nog volop door de astrologie gebruikt. "Het staat in de sterren geschreven" zegt men, maar is dat ook zo? Nog steeds geloven veel mensen in de voorspellende kracht van sterren, zoveel zelfs dat er een soort industrie is ontstaan met "professionele" astrologen die je toekomst voorspellen met behulp van sterrenbeelden en je geboorte datum.

Veel mensen raadplegen dagelijks hun "horoscoop" (letterlijk "urenkijker") in krant of tijdschrift. Daarin worden twaalf sterrenbeelden vermeld met data, voorspellingen en karakter

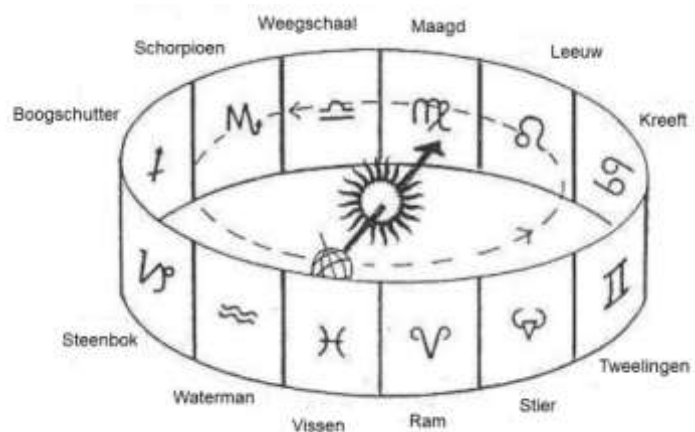
beschrijvingen. Wil je meedoen? Dan moet je weten "onder welk sterrenbeeld" je geboren bent. De meeste onder

ons weten dat van

zichzelf wel. Zo zou ikzelf

een "schorpioen" zijn, tenminste volgens de horoscoop in de krant. Al die gegevens die men thans nog steeds gebruikt zijn gebaseerd op 2800 jaar geleden verzamelde kennis, die stamt uit het oude Babylon.

Daar hielden "sterrenwichelaars" zich bezig met het voorspellen van levensloop en karakter, door de stand van de sterren te bestuderen op het tijdstip van iemands geboorte. Daar is ook de "dierenriem" ontstaan, die uit twaalf sterrenbeelden bestaat, waar de zon in een jaar doorheen loopt. Deze cirkelvormige baan is in twaalf sectoren met de bijbehorende sterrenbeelden verdeeld, waarbij de eerste



sector begint bij het "Lentepunt", dat is het punt waarin de zon op 21 maart (begin van de lente) staat.

Wat is precies het criterium voor het bepalen van iemands sterrenbeeld? Ik vraag het wel eens aan mensen, maar het blijkt dat bijna niemand dat precies weet. Dat criterium is dan ook lang geleden vastgesteld door de astrologen van toen en werkt als volgt: ze "keken" in welk van de sterrenbeelden de zon stond op het moment van iemands geboorte en dat is dan je sterrenbeeld. Wil je het nú weten, dan moet je uitgaan van tabellen, want terugkijken lukt natuurlijk niet en sowieso kun je niet door de zon kijken om te weten welk sterrenbeeld er achter staat. We moeten er dus maar van uitgaan dat de tabellen juist berekend zijn.

Waar heeft de hedendaagse astrologie die gegevens vandaan? Zover bekend: uit Babylon en Assyrië. Zijn die data nog juist en actueel?

Helaas: neen! De data uit krant en bladen kloppen niet meer! De

gegevens zijn niet meer actueel. De astrologen van nu hebben namelijk de "precessie" genegeerd. De sterrenhemel is in de

afgelopen 2800 jaar behoorlijk veranderd en dat komt vooral door de precessie van

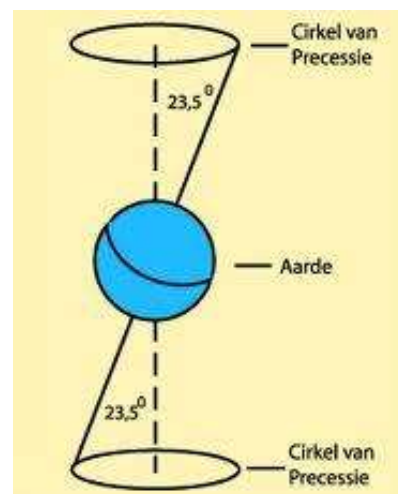
de aardas. Precessie is een ronddraaiende beweging die de aardas, van noord- naar zuidpool, doorloopt in

26000 jaar een volledige cirkel en ook varieert de scheefstand van de aardas

een graad of 3. Hierdoor is de dierenriem intussen ongeveer een sterrenbeeld

verschoven. Mijn sterrenbeeld zou "schorpioen" zijn (16 november) maar volgens de gecorrigeerde tabel

(die bestaat ook) ben ik een "weegschaal".



NAAM		Antieke data	Gecorrigeerde data
Aries	Ram	21 - 3 tot 20 - 4	19 - 4 tot 14 - 5
Taurus	Stier	20 - 4 tot 21 - 5	14 - 5 tot 21 - 6
Gemini	Tweeling	21 - 5 tot 21 - 6	21 - 6 tot 20 - 7
Cancer	Kreeft	21 - 6 tot 23 - 7	20 - 7 tot 10 - 8

Leo	Leeuw	23 - 7 tot 23 - 8	10 - 8 tot 16 - 9
Virgo	Maagd	23 - 8 tot 23 - 9	16 - 9 tot 31 - 10
Libra	Weegschaal	23 - 9 tot 23 - 10	31 - 10 tot 23 - 11
Scorpius	Schorpioen	23 - 10 tot 22 - 11	23 - 11 tot 30 - 11
Sagittarius	Boogschutter	22 - 11 tot 22 - 12	18 - 12 tot 19 - 1
Capricornus	Steenbok	22 - 12 tot 20 - 1	19 - 1 tot 16 - 2
Aquarius	Waterman	20 - 1 tot 19 - 2	16 - 2 tot 12 - 3
Pisces	Vissen	19 - 2 tot 21 - 3	12 - 3 tot 19 - 4

Let op, er blijkt een hiaat te zijn, namelijk tussen 30 - 11 en 18 - 12. In deze periode blijkt de zon in een onbekend sterrenbeeld te staan, "Slangendrager" genoemd. Dit 13^e sterrenbeeld heet in 't Latijn: "Ophiuchus" of in 't Grieks: "Asklepius". Dit sterrenbeeld zie ik nooit in de horoscoop, dus ik weet niet wat ik ermee aan moet. Vergeet het dus maar.

Voor een karakterbeschrijving hebben we volgens de astrologie ook nog te maken met de "ascendant". Die zou eveneens van belang zijn voor je karakter en levensloop. De "ascendant" bepaalt men door op je geboortedag te "kijken" welk sterrenbeeld (van de dierenriem) dan in het Oosten opkomt boven de horizon. Ook hiervoor zijn tabellen, die lang geleden vastgesteld zijn en dus ook niet meer kloppen.

De astrologen van nu weten natuurlijk ook wel van precessie en een veranderde sterrenhemel, maar ze hebben de tabellen nooit gecorrigeerd. Om voor mij onbegrijpelijke redenen houden ze stug vast aan de oude, niet aangepaste gegevens en weigeren kennis te nemen van de gecorrigeerde data.

Een volgende vraag is ook nog: wat "in 's hemels naam" is de invloed van sterren (en planeten) op iemands levensloop en z'n karakter. Er is in ieder geval geen enkele wetenschappelijke onderbouwing voor astrologie. Astrologen en astronomen zijn dan ook zeker geen vrienden. Eigenlijk is het onbegrijpelijk dat de astrologie toch nog zo populair is:

"De mens zoekt houvast doch vindt slechts strohalmen".

Nog even dit: de sterrenbeelden van de dierenriem behoren alle tot ons melkwegstelsel, zoals (bijna) alle sterren en planeten die wij met

het blote oog zien. In het sterrenbeeld Orion is wel een nevel te zien (heel vaag) en dat is een sterrenstelsel in wording. Pas rond 1900 kon men met de verbeterde en veel grotere telescopen voor het eerst verder weg kijken en ontdekte men dat er veel meer, zelfs miljarden sterrenstelsels, in het heelal bestaan.

HAWKING

In de ontwikkeling van de heelal theorie heeft de bekende Engelse geleerde Stephen Hawking, samen met z'n collega Roger Penrose, een belangrijke rol gespeeld. Zwaar gehandicapt door de spierziekte ALS en in een rolstoel gezeten, heeft Stephen, samen met Roger, toch belangwekkende ontdekkingen kunnen doen. Grote bekendheid kreeg hij door z'n boek: "A Brief History of Time", waarin hij onder meer "zwarte gaten" en de oerknal beschreef. Zijn boek is ook in 't Nederlands vertaald ("Het Heelal"). Z'n uitgever raadde hem aan geen formules te vermelden, dat zou lezers kosten. Ook wilde de uitgever de inhoud zelf ook kunnen begrijpen en stuurde het manuscript steeds terug. Onder andere hierdoor en door het ontbreken van formules op één na: ($E = Mc^2$) is het boek goed leesbaar. (Wat dat betreft zal dit boek wel geen bestseller worden.) Stephen Hawking werd ook bekend door z'n revolutionaire ontdekking van de "Hawkingstraling" bij "zwarte gaten". Men dacht altijd dat een zwart gat alles, ook licht, naar binnen trok. Daardoor zouden zwarte gaten niet waarneembaar zijn. Een zwart gat bestaat uit een enorme hoeveelheid materie die in een heel klein gebied verzameld is, waardoor het een zeer sterk zwaartekrachtsveld heeft. Een zwart gat zou ontstaan wanneer een zeer grote ster aan het eind van z'n leven ineens stort. Niets dat in de buurt komt, ook licht niet, kan ontsnappen aan de enorme aantrekkingskracht. Echter volgens Hawking kan straling op de grens van dit gebied, de "waarnemingshorizon", alsnog ontsnappen, waardoor de locatie van zwarte gaten toch waarneembaar zou moeten zijn. Bestaan zwarte gaten echt? Volgens Einsteins relativiteitstheorie zou dat wel zo moeten zijn, maar daar is men nog steeds niet zeker

van. Hoewel: onlangs kwam in het nieuws dat men er zeker van is dat in het centrum van ons melkwegstelsel een enorm zwart gat bevindt (4 miljoen maal de zon). We zullen "zien".

Een ander begrip dat Hawking introduceerde is "singulariteit". Een singulariteit is een punt met "oneindig grote dichtheid en oneindig kleine afmeting". (Ik zou dan zeggen: dat is een punt van "niets"). De oerknal is dus waarschijnlijk uit een singulariteit ontstaan: "*Uit niets ontstond niets en niets explodeerde*", of zou de oerknal toch niet uit een singulariteit ontstaan zijn?: "*Uit niets ontstond iets en iets explodeerde.*" Dan was er ook tijd vóór de oerknal (bij een singulariteit niet!)

Stephan Hawking schreef samen met Roger Penrose nog een tweede boek: "De aard van ruimte en tijd". Daarin trachten de schrijvers de relativiteitstheorie over zwaartekracht en gekromde ruimte te verenigen met de "kwantumveldentheorie". Dat is niet gelukt. De auteurs (en ook de theorieën?) bleken té verschillende inzichten te hebben. Die koppeling tussen relativiteit en kwantum is trouwens nog steeds niet gelukt. Het lijkt mij dan ook moeilijk om het zeer grote met het zeer kleine in één theorie te vatten.

QUASARS

Nu dan eindelijk de "quasars". Quasars zijn nog niet zo lang geleden ontdekt en spelen een belangrijke rol in de theorieën over het Heelal. "QUASAR" staat voor "Quasi Stellar Radiosource". Het zijn zo'n beetje de minst begrepen objecten in het heelal. Quasars zouden zeer grote sterren zijn, met enorme massa, afmetingen en helderheid. Ze staan meestal zeer ver weg, langs de rand van het (waarneembare) heelal. Ze zenden extreem veel straling uit, waaronder zichtbaar licht, waardoor ze ook op grote afstand nog goed waar te nemen zijn.

De meest bijzondere eigenschap van quasars is hun uitzonderlijk grote roodverschuiving, waardoor ze volgens de wet van Hubble zeer ver weg staan en zich met idioot hoge snelheid van ons af bewegen.

De eerste "Quasars" werden in 1950 in de VS met een radiotelescoop ontdekt. Quasars zijn bronnen van radiostraling, maar zenden dus ook licht (en wel zeer veel licht) uit, zoals later bleek. Intussen zijn ook "radiostille" quasars ontdekt.

Niet alleen in de VS, ook in Nederland wordt al vrij lang geluisterd naar radiosignalen die uit de ruimte komen. In Dwingeloo staat sinds 1956 een flinke radiotelescoop met een schotel van 25 meter doorsnee. Later is deze opgevolgd door een set van veertien kleinere radiotelescopen in Westerbork.

Na de ontdekking van de eerste quasars ging men op zoek en vond men steeds meer heldere exemplaren. In 1963 werd voor het eerst een spectrum van zo'n heldere quasar verkregen, door Maarten Schmidt, een Nederlandse astronoom die in de VS werkte. Daaruit bleek dat dit object een vrij hoge roodverschuiving had ($z = 0,16$) waaruit, volgens de wet van Hubble, zou blijken dat deze behoorlijk ver van ons afstaat. Later werden nog veel meer quasars ontdekt, die alle gemeen hebben dat ze zeer lichtsterk zijn en vaak een zeer grote roodverschuiving vertonen. Daaruit zou volgen dat ze niet alleen zeer ver weg staan, maar dat ze zich ook met enorme snelheid van ons af bewegen.

Ergens stond geschreven dat metingen aan meer dan 100 quasars een roodverschuiving z aangaven tussen de 0,16 en 3,53. Volgens de wet van Hubble zou dat betekenen dat ze zich met snelheden van $0,15 c$ tot $0,91 c$ (45.000 tot 270.000 km per seconde) van ons af bewegen. Ook zou men dus hun afstanden kunnen berekenen, maar dit wordt zelden gedaan, daar die afstanden intussen veel groter moeten zijn geworden door hun enorme en verschillende snelheden. In de eerder genoemde Youtube video van James Sorensen worden bijzonderheden gegeven over de enorme afmetingen die quasars zouden moeten hebben. Zo is er een quasar ontdekt die 12 miljard lichtjaar van ons weg zou staan en een massa zou hebben van 20 miljard maal de massa van onze zon, die toch ook geen kleintje is. Nog ongelooflijker is de energie van deze quasar, namelijk 100.000 miljard keer de energie van onze zon. Hoe komt men aan deze getallen? Die verkrijgt men door de roodverschuiving en de

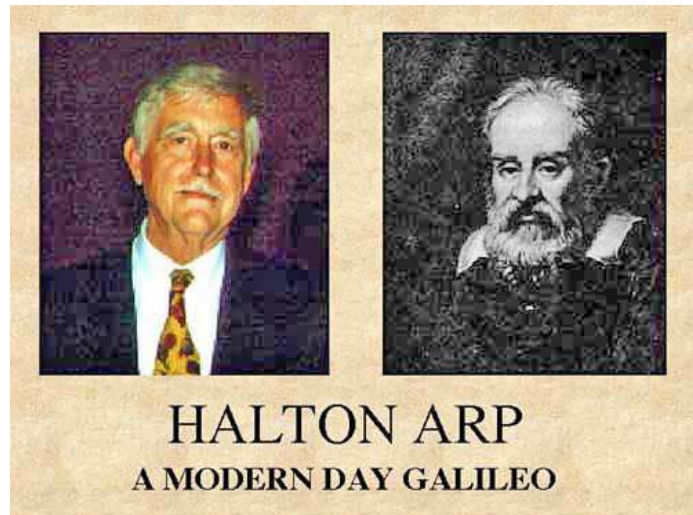
lichtsterkte te meten. Als een object zeer ver weg staat (volgens de roodverschuiving) en men toch nog een hoge lichtsterkte meet, moet zo'n object wel zeer veel massa en energie hebben. De Amerikaans astronoom Halton Arp, die veel quasars observeerde, begon te twijfelen, ging de roodverschuiving van quasars en sterrenstelsels nauwkeuriger bestuderen en ontdekte steeds meer zaken die in tegenspraak waren met de theorieën van de gevestigde orde.

HALTON ("Chip") ARP

Wie was Halton Arp? In de inleiding is hij al genoemd. Halton Arp werd in 1927 geboren in New York, studeerde aan de Harvard universiteit en het "Caltech" instituut. In 1953 studeerde hij af en

trad in dienst bij de Mount Wilson en Palomar observatoria, waar hij 28 jaar waarnemingen deed. Hij assisteerde Edwin Hubble bij diens onderzoek en deed zelf ook diverse ontdekkingen. Maar hij deed waarnemingen, die opzienbarend waren, die de bestaande heelaltheorieën tegenspraken en dat werd niet getolereerd. Halton werd een paria en niet meer serieus genomen. Z'n artikelen werden niet meer geplaatst en hij kreeg zelfs geen telescooptijd meer. Waarom toch niet? Te gek voor woorden: Arp's ontdekkingen knaagden aan de gevestigde theorieën over de big bang en de uitdijning van het heelal !

Na 29 jaar trouwe dienst nam Arp ten einde raad maar ontslag en trad in 1983 in dienst van het Max Planck instituut in Duitsland, waar hij nog wel welkom was. Maar ook daar werd hij op den duur niet meer geloofwaardig bevonden. In december 2013 is Halton in München overleden. Wat is toch zo bijzonder aan de ontdekkingen van Halton Arp?



DE ROODVERSCHUIVING KLOPT NIET VOOR AFSTANDEN!

Bij het observeren van Quasars stuitte Arp op sterrenstelsels die verbonden leken met één of twee quasars. Zo ontdekte hij sterrenstelsels met aan weerszijden een quasar. Het vreemde was echter dat de quasars altijd een veel grotere roodverschuiving hadden dan de sterrenstelsels. Dat zou dus betekenen dat de quasars op zeer veel grotere afstand (tot wel veertig keer verder) zouden staan dan het sterrenstelsel waarmee ze duidelijk zichtbaar een verbinding hebben. Ook lag de z waarde van de beide quasars in zo'n combinatie vaak heel dicht bij elkaar. Gezichtsbedrog? Voor- en achtergrond?

"Uitgesloten", zegt Arp, "De beelden spreken voor zich!"

Halton ontdekte steeds meer combinaties van sterrenstelsels met quasars, waarbij de roodverschuivingen sterk verschilden. Hij maakte er een boekwerk vol met foto's van: "Atlas of Peculiar Galaxies", (1966, en nu een collectors item).

De reacties van collega astronomen waren afkeurend: "Het is allemaal toeval, het lijkt of die quasars bij dat sterrenstelsel horen, maar dat komt doordat je geen diepte ziet in een telescoop". Maar jongens, als je toch duidelijk ziet dat een quasar met (gas)slierten of "lichtbruggen" verbonden is aan een sterrenstelsel en dat stelsel staat op bijvoorbeeld enkele tientallen miljoenen lichtjaar afstand en de bijbehorende quasars op tien miljard lichtjaar, dit alles op basis van roodverschuiving, **dan is er toch wat mis met de afstandsmeting door middel van roodverschuiving?**

Halton vond steeds meer voorbeelden om z'n gelijk te bewijzen. Zo bemerkte hij ook dat de roodverschuiving van quasars en verre sterrenstelsels niet geleidelijk, maar in stappen ("gekwantiseerd") verloopt. Dat betekent dat een dergelijke roodverschuivingen niet door het Dopplereffect veroorzaakt kan worden en dus niets over de vluchtsnelheid of afstand zegt. Het Dopplereffect verloopt per definitie geleidelijk! Die roodverschuiving in stappen moet dus een andere oorzaak hebben.

Ondanks talloze bewijzen werd Halton Arp niet geloofd, hij kreeg geen telescooptijd meer (!) en werd in de ban gedaan. De bevindingen van Arp waren té ingrijpend: Als dit alles echt waar zou zijn, tja dan was er geen big bang en dijt het heelal niet uit. Alle leuke theorieën van de laatste decennia zouden niet meer kloppen. Te veel collega astronomen zouden voor schut gaan. De Doppler roodverschuiving volgens de wet van Hubble is de basis van de heelal theorie met oerknal en expansie. En dus besloot de gevestigde orde: weg met Halton Arp. En tot op heden houdt men nog steeds vast aan de oerknal en een uitdijend heelal.

"SEEING RED"

Halton Arp schreef verschillende boeken: de al genoemde Atlas van merkwaardige "galaxies", het boek "Quasars, redshifts and controversies" en "Seeing Red". Deze boeken staan vol voorbeelden van quasar/galaxy verbindingen. Halton heeft ook geprobeerd verklaringen te geven voor de verschillen in roodverschuiving bij deze samenstanden. Arp verdeelde de roodverschuiving in drie soorten (maar waarschijnlijk zijn er nog meer oorzaken):

"Recessioneel", vluchtsnelheid-gerelateerde roodverschuiving, door het Dopplereffect dus. Ook "kosmologische roodverschuiving genoemd (?). Hierop is de wet van Hubble gebaseerd. Deze roodverschuiving moet geleidelijk verlopen.

"Gravitationeel" De zwaartekracht van een zwart gat of ander object met zeer grote massa zou aan het uitgezonden licht kunnen trekken, waardoor de lichtgolven uitgerekt worden met als gevolg grotere roodverschuiving. Dat zwaartekracht licht beïnvloedt is een ontdekking van Einstein en is ook bewezen tijdens een zonsverduistering. Maar ook deze gravitationele roodverschuiving kan niet "gekwantiseerd" zijn.

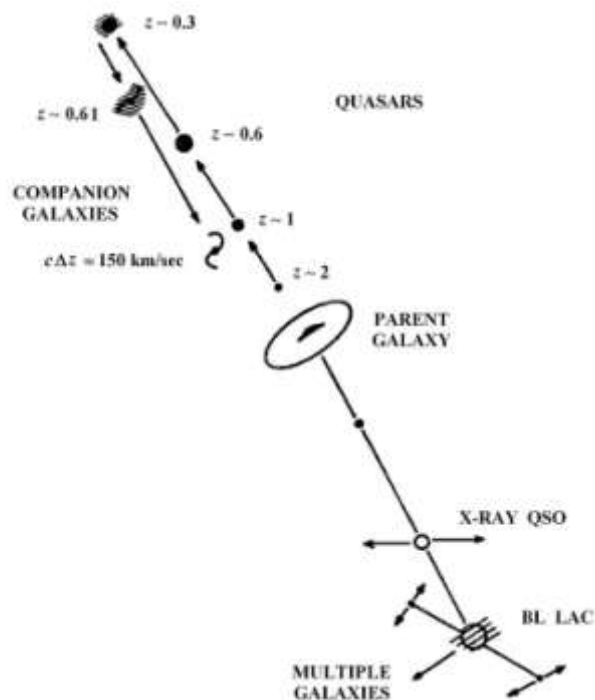
"Intrinsiek", innerlijk, van binnen afkomstig. De roodverschuiving van het licht van quasars is, volgens Arp, afkomstig uit de quasar zelf. Deze roodverschuiving kan nooit recessioneel zijn, want die verloopt *niet* "gekwantiseerd" (in stappen).

Volgens Halton Arp zijn quasars afkomstig uit het binnenste van sterrenstelsels (uit een zwart gat?) en worden dan op den duur zelf ook weer sterrenstelsels.

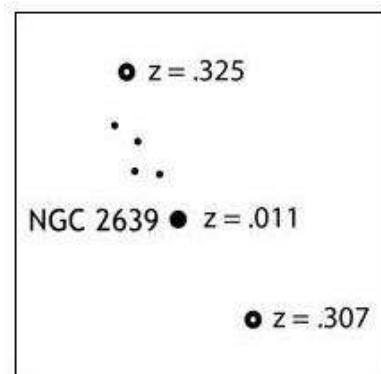
Sterrenstelsels zijn meestal schijfvormig, vaak met spiraalvormige armen. Ons melkwegstelsel is er zo één, waarbij ons zonnestelsel in één van de armen huist. In het centrum van zo'n stelsel zou vaak (altijd?) een zwart gat huizen waarin enorm veel energie is opgeslagen. Quasars worden óf langs de centrale as uitgestoten of via de spiraal armen "eruit gezwiept". Die jonge quasars hebben dan

een abnormaal hoge roodverschuiving, veel hoger dan de sterrenstelsels waar ze uit ontstaan zijn. Soms worden ze dan weer aangetrokken door dat sterrenstelsel met zeer grote massa en ziedaar: dan neemt de roodverschuiving af en komt de z waarde van de quasars weer in de buurt van die van het stelsel.

Halton Arp vond vele situaties waarbij het eruit zag alsof twee quasars aan weerszijden van de schijf op de centrale as van het sterrenstelsel staan. Ook dan hebben de links en rechts op de as staande quasars z waarden die onderling weinig verschillen, maar wel sterk afwijken van de z waarde van het sterrenstelsel.



Voorbeeld: Galaxy NGC 2639 $z = 0,011$,
 Quasar 1, $z = 0,325$
 Quasar 2, $z = 0,307$ (Uit Arp's atlas)

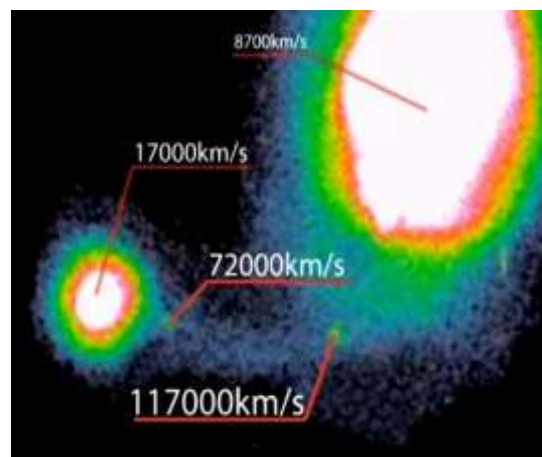
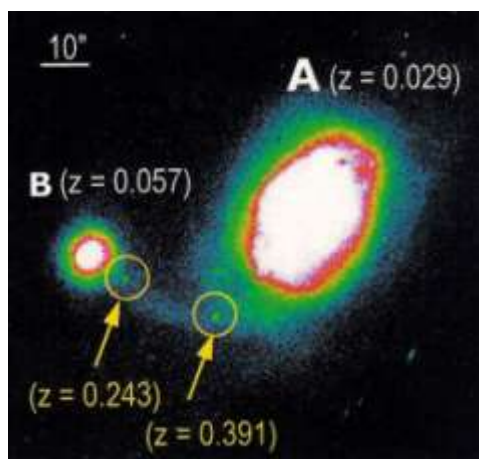
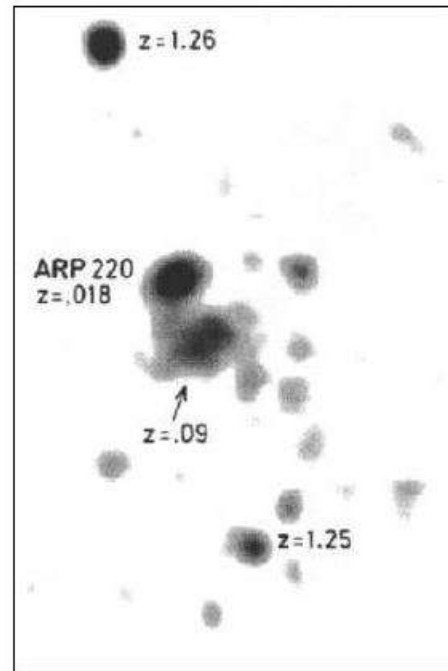


Dan hebben we ook nog een dubbele galaxy: ARP 220 (uit ARP's atlas):
 ARP 220 (1), $z = 0,018$ (2) $z = 0,09$
 Quasars (1) en (2) resp. $z = 1,26$ en
 $z = 1,25$.

Deze quasars zouden enorm veel verder weg liggen als ARP220, maar volgens Arp blijkt uit alles dat ze bij elkaar horen.

Nog een voorbeeld, door Arp ontdekt, is NGC 7603, een groot en een wat kleiner stelsel, verbonden door een lichtbrug. Na goed observeren bleken beide stelsels een quasar bij zich te hebben.

Het bijzondere van deze combinatie zijn de verschillen in roodverschuiving resulterend in sterk verschillende vluchtsnelheden:



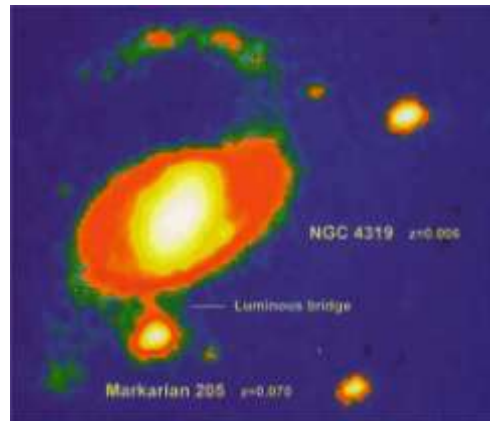
Groot stelsel A	: 8700 km/sec
Quasar 1	: 117000 km/sec
Klein stelsel B	: 17000 km/sec
Quasar 2	: 72000 km/sec

NGC 7603

Hier een ander voorbeeld, ook met een duidelijke luchtbrug, maar verschillende z -waardes:

Markarian 205 ($z = 0,07$) en NGC 4319 ($z = 0,006$).

Deze grote verschillen kunnen niet verklaard worden als de roodverschuiving recessioneel is, de gemeten roodverschuivingen moeten dus niet "recessioneel" maar "intrinsiek" zijn.



Ook de gevestigde astronomie heeft verre quasars ontdekt.

Zo is er Quasar S5 0014 +81 met $z = 3,38$. Deze quasar zou op een afstand van 6,7 - 12,1 miljard lichtjaar liggen, afhankelijk met welke formule men rekent. (Welke formule zou nu toch echt kloppen?) Ook zie ik verschillende waarden voor de Hubble constante: 62, 70 en 72. Die "constante" varieert dus nog steeds.

Wat ik ook niet begrijp: er bestaan wel lijstjes van sterren en sterrenstelsels met relatief kleine z waarde en hun vluchtsnelheid v , maar niet met hun afstand. Bij eigen berekeningen met de eerder genoemde formules blijken de waardes voor v wel te kloppen.

Bekijk de volgende lijst (uit wikipedia):

Kleine z -waarde,	v in km/sec	
0,004	1180	
0,006	1800	
0,012	3779	
0,075	23.000	
0,13	39.000	
0,2	61.000	
1	180.000	(zelf berekend)
1,45	214.320	afstand \pm 10 giga lichtjaar, pag.29
5	284.000	(zelf berekend)

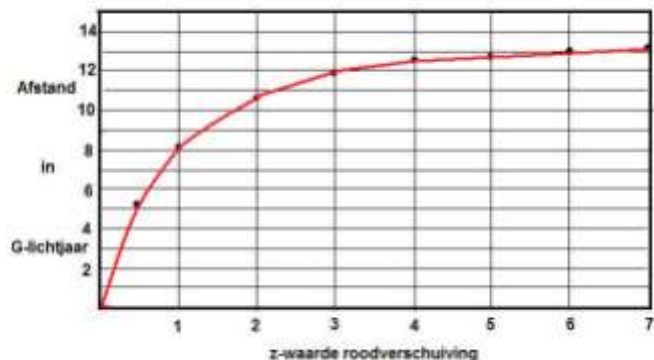
Ook vond ik een lijst van sterrenstelsels met grote z -waarde, maar nu wordt alleen de afstand d in Giga-lichtjaar (Gly) gegeven en niet de snelheid (lijst ook uit wikipedia).

In deze lijst ziet men dat bij veel grotere z -waarde de afstand steeds minder toeneemt. Deze z -waardes geven wel aan dat de gemeten objecten ver weg staan, zo rond de 13 miljard lichtjaar!

<u>Grote z-waarde</u>	<u>d in Giga light year, (Gly)</u>
4,72	12,4
6,96	12,88
7,045	12,89
7,51	13,02
7,6	13,-
7,73	13,044
8,2	13,1
9,4	13,14
9,6	13,2
9,8	13,2
10,8	13,3
11,9	13,37

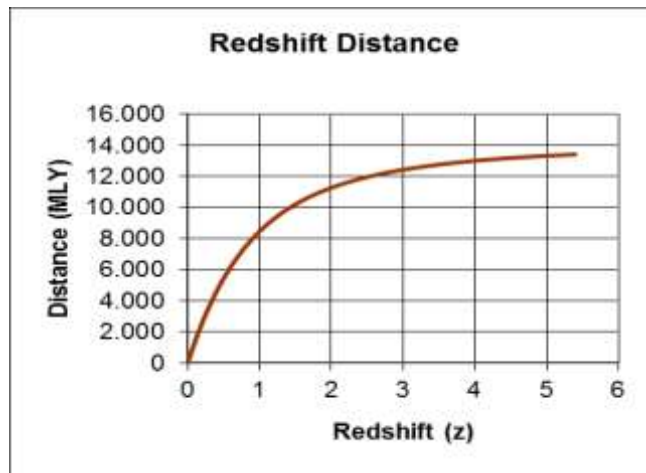
Van een aantal hele z -waarden heb ik de bijbehorende snelheden zelf maar berekend en met de wet van Hubble hun afstanden (die dus idioot groot zijn). Als Hubble constante heb ik 72 Km/s/Mpc genomen. Hierbij een (zelfgemaakte) grafiek met de hele waarden voor z en de door mij berekende afstand d in Gly (Giga light year of miljarden lichtjaar):

<u>z</u>	<u>d</u>	<u>z</u>	<u>d</u>
0,5	5,22	1	8,15
2	10,87	3	11,98
4	12,5	5	12,85
6	13	7	13,16
8	13,25		



Maar...het kan toch niet zo zijn dat er geen tabellen of grafieken zijn waarbij het verband tussen z en afstand aangegeven wordt?

Na veel zoeken vond ik eindelijk een soortgelijke grafiek. De afstanden zijn gegeven in "MLY" (mega lichtjaar). De curves komen redelijk goed overeen. Ik heb dus goed gerekend.



Uit deze grafieken blijkt dat bij kleine z-waarden de afstand heel snel, maar bij grotere z-waarden veel minder snel toeneemt.

Bij het zoeken op fora over deze onderwerpen merkte ik dat er meer mensen zijn die dezelfde ervaring hebben:

"Afgelopen vrijdag konden we een quasar zien met een extreem hoge roodverschuiving van $Z=3,38$.

In mijn beleving was de mate van roodverschuiving altijd evenredig met afstand. Echter als ik meerdere bronnen op internet raadpleeg, krijg ik zeer uiteenlopende afstandswaarden voor deze roodverschuiving:

- de ene bron meldt 10 miljard lichtjaar,
- een andere tabel geeft 6,7 miljard lichtjaar voor dit object.
- Weer een andere bron geeft aan dat we 85% van de 13,7 miljard jaar terug in de tijd gaan. (= 11,6 miljard lichtjaar).
- En een Redshift-calculatieprogramma meldt zelfs 4,23 MegaParsec (= 13,8 miljard lichtjaar....).

Deze waarden liggen erg ver uit elkaar: Nu weet ik dat er enige tolerantie zit in de Hubble constante, maar niet zoveel om deze uiteenlopende waarden te verklaren. Het viel mij sowieso op dat in alle publicaties van dit soort verre objecten bijna geen melding van de afstanden wordt gedaan.

Kan iemand mij uitleggen waarom deze verschillen zo groot zijn?"

Hier nog enkele quasars met abnormaal hoge z waardes.

- CFHQS J1509-1749 met $z = 6,12$
- QSO B1425 + 3326 / QSOJ1427 + 3312, ook met $z = 6,12$
- ULAS J112001.48 + 064124.3 met $z = 7,085$ (2011)

Volgens een blog is deze laatste quasar "ULAS J112001.48":

"The Most Distant Known Quasar In The Universe: ULAS J112001.48+064124.3"

Wat zou toch de verklaring voor de enorme roodverschuivingen van quasars kunnen zijn? (die dus volgens Arp NIET door het Dopplereffect veroorzaakt worden en dus niet voor afstandbepaling kan gelden)

"Die enorme afstanden kloppen niet, de quasars staan zeer waarschijnlijk veel dichterbij", volgens Arp.

Halton Arp heeft getracht een verklaring te vinden: Misschien hebben zeer jonge quasars weinig massa. Heel jonge protonen, elektronen enz. zouden nog geen massa hebben, maar die zou in de loop der tijd toenemen. Bewijzen kunnen we dit niet, want wat we nu zien is licht dat honderden miljoenen of zelfs miljarden jaren geleden werd uitgezonden. "Intussen" kan er van alles veranderd zijn. Een betere verklaring voor die grote roodverschuiving en de kwantisering is er echter nog steeds niet, althans heb ik niet gevonden.

Uiteindelijk concludeerde Halton Arp (volgens James Sorenson) het volgende:

- In het heelal geeft de roodverschuiving een aanwijzing voor leeftijd, maar NIET voor de vluchtsnelheid.
- Quasars zijn NIET super lichtsterk en hebben GEEN onvoorstelbaar grote massa.
- We kennen de leeftijd van het heelal NIET
- We kennen de afstand van vele objecten in het heelal NIET.
- We kunnen NIET zo ver zien als we denken
- Het heelal expandeert hoogstwaarschijnlijk NIET.
- De oerknal heeft NIET plaats gevonden.
- Quasars zijn jonge sterrenstelsels
- Nieuwe quasars/galaxies worden continu uitgestoten.
- De massa van protonen, elektronen enz. neemt in de tijd toe.
- De algemene relativiteitstheorie is NIET noodzakelijk.

-De Hubble constante geeft alleen een indicatie over de leeftijd van ons melkwegstelsel !

Dit zijn boude beweringen van Halton, waardoor het iets begrijpelijker wordt waarom de gevestigde astronomen hem in de ban gedaan hebben. Voor hen is dit alles niets minder dan een revolutie. Maar stel nu dat de "gevestigde" orde accepteert dat de roodverschuivingen van quasars en galaxies (buiten ons melkwegstelsel) inderdaad NIET veroorzaakt kunnen worden door een steeds snellere uitdijing van het heelal. Dan zijn deze wetenschappers eigenlijk verplicht na te denken en uit te zoeken wat dan wél deze niet kosmologische (of intrinsieke) roodverschuiving veroorzaakt.

Ook zullen we andere methodes moeten vinden om de werkelijke afstanden in het verre heelal te bepalen. Quasars op 12 miljard lichtjaar afstand met miljarden malen meer massa en energie dan onze zon, dat kan natuurlijk niet waar zijn. Die objecten staan waarschijnlijk veel dichterbij en kunnen niet zulke idioot grote massa's en hoeveelheden energie hebben.

Doet men dit alles niet, dan blijven we zitten met een oerknal theorie die steeds minder geloofwaardig is.

FOTONEN OP REIS

Aan fotonen hebben we zo ongeveer alles wat we weten over het heelal, juist of onjuist, te danken. Fotonen dus, die op reis waren naar onze aarde, gedurende miljoenen jaren, vaak zelfs miljarden jaren.

Enstein was de eerste die door had dat licht uit energiepakketjes bestaat die hij "Fotonen" noemde. Maar niet alleen zichtbaar licht, ook het "onzichtbare" licht: infrarood en ultraviolet licht bestaat uit fotonen. Alle elektromagnetische straling, van radio tot gamma straling bestaat uit fotonen, alleen hun golflengte en dus hun energie verschilt. Fotonen hebben bijzondere eigenschappen. Ze hebben geen massa, ze bewegen ze zich altijd met de lichtsnelheid c . Ze hebben het eeuwige leven, tenzij ze op hun reis door iets "gehinderd"

worden, bijvoorbeeld als ze ons oog tegen komen of via de lens van de Hubble telescoop op een lichtgevoelige of "ccd"-plaat terecht komen. Maar vallen ze op een spiegel dan gaan ze (maar dat hoeven niet de zelfde fotonen te zijn) in een andere richting vrolijk verder.

Fotonen kunnen zelfs met elkaar communiceren. Als fotonen, van één golflengte, loodrecht glas in duiken, dan hebben ze met elkaar afgesproken dat van elke 100 fotonen er 4 terugkaatsen en 96 doorgaan. Ook als ze in water duiken speelt er iets dergelijks.

Fotonen zijn voor ons dus de boodschappers van het heelal.

Maar nu die niet "recessionele" roodverschuiving van quasars die een z waarde van 1 of veel meer kunnen hebben. Dat betekent dat de golflengtes van de fotonen op hun reis naar aarde zo veel langer geworden zijn dat de spectraallijnen ver in het infrarood gebied of nog verder terecht gekomen zijn. Het betekent ook dat de het licht dat wij als quasar zien in het begin van z'n reis begonnen moet zijn als fotonen met een veel kortere golflengte, dus als gamma- of röntgenstraling. Het Dopplereffect zou hier een leuke verklaring voor zijn, maar niet als het heelal NIET uitdijt en het verklaart ook de kwantisering van de roodverschuiving niet.

Zijn de fotonen onderweg "vermoeid" geworden? Ze leggen enorme afstanden af met zeer hoge snelheid en zijn lang, lang geleden aan hun reis begonnen.

Als die "oude" fotonen echt moe zijn geworden en hun energie is afgenomen, wordt de golflengte langer (en de frequentie lager) en dat vermindert de energie. Dat heeft Max Planck al ontdekt in 1900 en vast kunnen leggen in zijn beroemde formule:

$$E = h \times \nu \quad \text{of omgezet} \quad E = h : \lambda$$

Hier in is E de energie, ν is de frequentie, λ is de golflengte en h is de "constante van Planck".

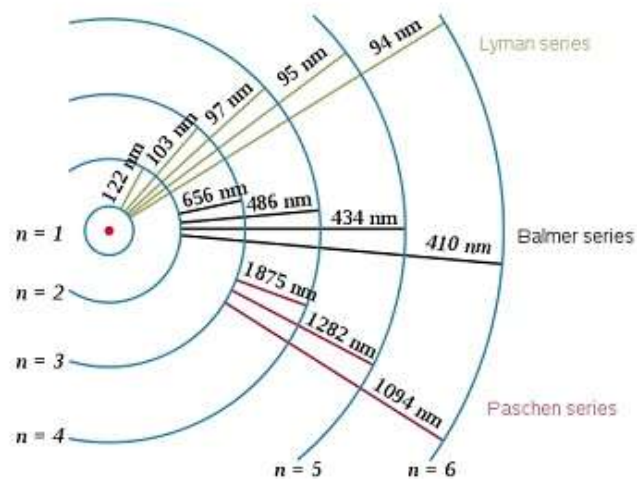
Uit de linker formule blijkt dat als de frequentie ν lager wordt ook de energie E minder wordt. Anders gezegd: als de golflengte λ toeneemt wordt de energie E minder (rechter formule).

Maar.... waar kan die kwantisering van de roodverschuiving dán vandaan komen?

Stellen we ons voor dat het Dopplereffect bij geluid ook gekwantiseerd verloopt, dan zou de toonhoogte in stappen verlopen, dus bijvoorbeeld bij 10 km/uur, 20 km/uur, 30 km/uur enzovoort, iedere 10 km een stap verder in toonhoogte. Het spijt me, maar het geluid verloopt geleidelijk en niet sprongsgewijs, luister maar eens naar een motorvliegtuigje dat overvliegt.

In 1976 publiceerden William G. Tifft en in 1981 de heren Fisher en Tully artikelen over de gekwantiseerde roodverschuiving. Zij bevestigden dat de roodverschuiving van quasars en verre sterrenstelsels stapsgewijs verloopt. De vraag is dan: "hoe groot zijn die stappen?" Het antwoord daarop is verschillend, eerst kwam men op +/- 72 km/sec, later op de helft hiervan, dus 36 km/sec en de laatste waarde is 3,67 km/sec.

Zou de Planck formule er wat mee te maken hebben? Met Plancks latere aangepaste formule met "n" er in, begon het "kwantum tijdperk" ("n" is het "hoofdkwantumgetal").



In die formule, " $E = n \cdot h \cdot \nu$ " is E de energie, h de Planck constante, ν de golflengte en n dus het "hoofdkwantumgetal".

Dit hoofdkwantum getal is een geheel getal, dus 1, 2, 3 of meer. Dit getal n geeft de energieniveaus van de elektronenschillen aan en omdat n een geheel getal is zou dat met kwantisering van de roodverschuiving te maken kunnen hebben, immers fotonen komen vrij als elektronen van een hogere schil terugspringen naar hun "eigen" schil. Hier moeten de geleerden maar eens over nadenken. Een echt sluitende verklaring is er dus niet en er zijn dan ook vele wetenschappers die de kwantisering van roodverschuiving verwerpen als niet bestaand: "Meetfouten, het is een statistische constatering,

de metingen zijn onjuist geïnterpreteerd, het heeft met de omrekening van z naar snelheid te maken," enzovoort.

Maar we moeten er volgens mij toch maar van uitgaan dat de kwantisering een feit is en de roodverschuiving van quasars niet kosmologisch is, er zijn te veel metingen die dit bevestigen. Deze vaststelling heeft echter, zoals we eerder gezien hebben, grote gevolgen voor de heelaltheorie van de gevestigde orde van astronomen.

HET HEELAL VOLGENS JACOB

Na alles wat ik tot nu aan informatie gelezen en bestudeerd heb, wordt het tijd om het "Heelal volgens Jacob" neer te zetten. Ik geef toe: sterk beïnvloed door de verguisde Halton Arp.

Eerst maar eens de "oerknal". Die heeft dus nooit plaats gevonden! Maar hoe is het heelal *dán* begonnen? Het Heelal is niet begonnen, het was er altijd en zal er ook altijd zijn. En de energie in het heelal? Energie gaat nooit verloren. De totale energie blijft altijd gelijk en was er altijd. Maar... de uitdijing van het heelal die, hoe verder weg, hoe sneller verloopt? Er is (waarschijnlijk) helemaal geen expansie! Er is wel van alles in beweging in het heelal. Die beweging kunnen we heel goed in ons "eigen" melkwegstelsel waarnemen, maar daarbuiten is het moeilijker doordat de roodverschuiving niet "recessioneel" is. In ons melkwegstelsel, waar van alles cirkelt, wegvliegt, spiraalt en beweegt, kunnen we rood- en blauwverschuivingen meten, die *wél* worden veroorzaakt door het Doppler effect. De wet van Hubble geldt dus, denkt Arp (en ik), wel in ons melkwegstelsel. Hubble heeft daar zijn wet dan ook ontdekt. Had hij geweten van de quasar/galaxy combinaties met hun zeer verschillende roodverschuiving, die Halton Arp later ontdekt heeft, dan had hij zijn wet misschien wel ingetrokken.

Waarom geloof ik niet in een expanderend heelal? Hebben al die geleerden, Lemaitre en zo, ongelijk? Ik denk van wel. Als het heelal werkelijk uitdijt en hoe verder weg hoe sneller, zelfs met snelheden hoger dan de lichtsnelheid, dan zou het heelal steeds leger worden.

Men denkt inderdaad dat dit zal gebeuren, maar heeft men dit ook geconstateerd? Nee, alleen verondersteld. Verder is die uitdijing puur gebaseerd op Hubble's wet. Einstein geloofde zelf in een statisch heelal tot z'n berekeningen wezen op een uitdijend of krimpend heelal en hij z'n kosmologische constante moest introduceren, maar wat waren z'n aannames voor z'n berekeningen toen? In het begin van de twintigste eeuw wist men nog maar weinig van het heelal buiten ons melkwegstelsel.

Het voor ons **waarneembare** heelal zou een straal van 13,7 miljard lichtjaar hebben, dus een bol met een diameter van (ongeveer) 27,5 miljard lichtjaar met de aarde als middelpunt. Maar die getallen zijn vastgesteld met hulp van de Doppler roodverschuiving en kloppen dus vrij zeker niet.

De "uitdijers" denken dat het **gehele** heelal nu een diameter heeft van 92 miljard lichtjaar. Maar wat is er dan buiten die bol? Niets? Lege ruimte? Houdt daar het elektromagnetisch veld op?

Als het heelal werkelijk uit zou dijen, waarin dijt het heelal uit? In niets? Ook zou het heelal dan een (expanderende) begrenzing moeten hebben. Maar wat ligt er dan achter die grens?

Volgens mij is er geen grens! Het heelal is ONEINDIG groot, alle sterren, stelsels, nevels gaswolken, quasars, pulsars, zwarte gaten en andere heelalobjecten bewegen zich in een oneindig grote ruimte zonder grens. En het elektromagnetisch veld? Dat is ook overal, want alle straling, waaronder dus licht, heeft dat veld nodig volgens Maxwell. Maar wat is dat "elektromagnetisch veld" precies, waar bestaat het uit? Ik zelf denk toch aan een soort "ether" maar dan anders: zeer kleine, voor ons niet waarneembare, deeltjes (met "nulpuntsenergie"?).

Op onze aarde blijkt het leven in de natuur zich steeds te kunnen vernieuwen. Planten, dieren, mensen sterven, maar er ontstaat steeds weer nieuw leven. Dit heeft ook in het heelal plaats, er ontstaan continu nieuwe sterren en sterrenstelsels, maar ook "sterven" er steeds weer sterren en sterrenstelsels. Dit proces gaat altijd door en had ook altijd plaats. Bewijzen kan ik het niet, maar kan iemand bewijzen dat het NIET zo is?

Door de roodverschuiving en de wet van Hubble concludeerde men dat het heelal expandeert, maar de roodverschuiving waar men van uitgaat KLOPT NIET, dat heeft Halton Arp duidelijk aangetoond. Ik ben het eens met Halton Arp: het HEELAL is een eindeloze ruimte, die er altijd was en er altijd zal zijn. En de donkere materie en de "dark energy"? Die volgt uit de oerknal en die heeft nooit plaats gevonden.....

SETI

"Seti" betekent: "Search for Extra Terrestrial Intelligence", het zoeken naar buitenaardse intelligentie. Hiermee wordt bedoeld: het zoeken naar "intelligent" leven in het heelal. Men gaat er dus van uit dat er in het heelal planeten zijn waarop zich intelligent leven ontstaan is en men zoekt naar bewijs hiervoor, door naar (radio)signalen te luisteren die van intelligente wezens afkomstig zijn. Die signalen worden opgevangen door grote radiotelescopen zoals er bijvoorbeeld in Drenthe enkele staan.

Er komen inderdaad enorm veel signalen uit de ruimte op ons af en in 1977 ontving iemand in de VS een signaal op dat "intelligent" zou kunnen zijn. Men noemt dat een "WOW" signaal, maar wat er "WOW" is aan het signaal "6EQUJ5" zou ik niet weten. Nooit meer iets van gehoord.

Hoewel astronomen al langer luisterden naar signalen uit de ruimte en hoopten op "intelligente" radiosignalen, richtte men SETI pas in 2000 op. Deze organisatie heeft nu flink veel leden en maakt gebruik van de computercapaciteit van die leden om de enorme hoeveelheid signalen te analyseren. Op deze wijze hoopt men berichten te ontvangen, die van buitenaardse wezens afkomstig zouden kunnen zijn. Men luistert op frequenties tussen 1 en 10 Ghz en zoekt in een gebied tot 75 lichtjaar vanaf de aarde, dat is dus een flinke afstand, zeg maar 700 biljoen kilometer. In dit gebied zouden 850 "zonachtige" sterren voorkomen die, net als onze zon, een stel planeten bij zich kunnen hebben. Onze zon heeft er acht, dus het zou kunnen gaan om vijf tot tienduizend planeten. De kans dat daar

een planeet tussen zit waarop leven, laat staan "intelligent" leven, voorkomt, dat ook nog in staat moet zijn om *op dit moment* (radio)signalen te verzenden, lijkt mij zeer klein, eigenlijk nul. Neem onze aarde, die zou ruim 4500 miljoen jaar oud zijn. Pas ongeveer één miljoen jaar geleden ontstonden de eerste mensachtigen, en pas ruim honderd jaar geleden kon de mens voor het eerst een boodschap verzenden. Stel nu dat we beet hebben: we hebben een "intelligent" signaal uit de "buurt" ontvangen, ontcijferd en moeten ons beraden op een antwoord. De dichtst bij de aarde staande ster is "Proxima Centauri" op 4,7 lichtjaar afstand. Nemen we aan dat de boodschap uit deze "buurt" komt. De lichtsnelheid c is absoluut, dus zo'n boodschap heeft er +/- 5 jaar over gedaan om ons te bereiken. Een antwoord van ons doet er eveneens 5 jaar over. Dat wordt dus een moeilijk gesprekje!

Zoals gezegd, de kans dat er zich zo dicht bij aarde een door intelligent leven bewoonde planeet bevindt is zeer klein. Na lezing van een boek van Govert Schilling, een bekende wetenschapsjournalist, heb ik geconcludeerd dat het eigenlijk een wonder is dat op onze aarde leven is ontstaan. Daarom is het tamelijk onwaarschijnlijk dat er nóg zo'n planeet in het heelal voorkomt, lees zijn boek "Tweeling aarde" maar eens.

Waarom is er op onze aarde wel leven ontstaan? Onze aarde staat "toevallig" op precies de juiste afstand van de zon, heeft de juiste grootte, stand en snelheid. Verder is onze zon super constant en hebben we enkele grote planeten die als stofzuiger werken en ervoor zorgen dat er relatief weinig inslagen van brokken uit de ruimte op aarde voorkomen. Vooral de reusachtige planeet Jupiter is belangrijk voor de aarde om gevaarlijke ruimtebrokken te onderscheppen (door z'n enorme zwaartekracht). Dat is echter geen garantie dat alles tegen gehouden wordt. 65 Miljoen jaar geleden, ergens in Mexico, is toch een brok ruimtepuin van een kilometer of tien, ingeslagen, (en dat was niet de eerste), waardoor een groot deel van het leven op aarde vernietigd werd. Men denkt dat daardoor toen onder andere de dinosauriërs uitgestorven zijn. Ook de maan zou onmisbaar zijn voor het ontstaan van leven op aarde. Verder hebben wij veel water,

onmisbaar voor leven, en een dampkring die UV licht en kosmische straling tegenhoudt en uit de juiste gassen voor leven bestaat. Misschien wel de belangrijkste voorwaarde voor het ontstaan van leven is: rust, dat wil zeggen, geen inslagen van objecten uit de ruimte die alles kunnen vernietigen, geen rampen, enorme vulkaanuitbarstingen enzovoort. Zware inslagen uit de ruimte gebeuren gemiddeld slechts één maal per honderd miljoen jaar (lichtere vaker). Zouden zware inslagen veel vaker gebeuren dan zou er onvoldoende tijd zijn voor de ontwikkeling van een natuur, zoals wij die kennen, met planten, dieren en uiteindelijk misschien "intelligent leven".

In het heelal met z'n miljarden sterrenstelsels en biljoenen zonnestelsels met planeten is er natuurlijk een grote kans op planeten met leven, maar nog steeds weinig (volgens mij geen) kans op planeten met "beschavingen" die, op dit moment, in staat zijn om te zenden of in de ruimte kunnen reizen. Zelfs als dit toch het geval is, zal communicatie, gezien de enorme afstanden, onmogelijk zijn. Ik ben er trouwens toch wel van overtuigd dat planeten met enige vorm van leven (organismen, planten en dieren) in ruime mate voor kunnen komen in het heelal.

Nog een belangrijke vraag: Hoe ontstaat "leven" eigenlijk?

Daar is men nog steeds niet zeker van. Door toeval? Als de condities voor leven aanwezig zijn, komt er ook leven, wordt gesteld. Atomen die samenklonteren tot complexe moleculen, die zich kunnen delen (of vermenigvuldigen). Er ontstaan micro organismen, bacteriën en, als er tijd (tientallen miljoenen jaren) en rust (geen inslagen uit de ruimte) zijn, ontstaat er "natuur". Voor de enorme verscheidenheid zouden "mutaties" en de "evolutie" zorgen. Mutaties zouden veroorzaakt worden door de natuurlijke radioactiviteit op aarde. Evolutie houdt in: "Alles wat zich niet kan aanpassen sterft uit" en wat over is wordt steeds sterker en beter aangepast.

Maar is het leven inderdaad zo ontstaan? Wat zou het toch makkelijk zijn als je "gelovig" bent, dan geloof je in de "Schepping". Helaas, ik ben te sceptisch! God zou het trouwens knap druk hebben met meerdere planeten waarop leven en misschien mensen voorkomen. We

moeten er toch niet aan denken dat er toch meer werelden bestaan met mensen, net als hier op aarde, die vooral bezig zijn met het vernietigen van hun eigen leefomgeving.....

BIJLAGE

Hierbij een artikel uit een dagblad over het bezoek van Halton Arp aan Science Center Nemo in Amsterdam. Dit artikel vond ik onlangs tijdens mijn zoektocht naar informatie over het heelal. Dit artikel bevestigt heel aardig m'n bevindingen.

“Langzaam schuifelt Halton Arp naar het spreekgestoelte. Een iets te ruim jasje, trillende handen, de duimen krom van de jicht. Bijna tachtig. Maar revolutionairen gaan niet met pensioen. Niet voordat de strijd gewonnen is.

Hij staat nog steeds in de frontlinie, had de kosmoloog de avond tevoren al gezegd. Daar waar het gevecht plaats vindt tussen wat waar is en wat niet. Ze hebben hem bestreden, uitgelachen, verguisd, van de telescoop gegooid, maar hij geeft zich niet over. Ooit zal hij gelijk krijgen, dat weet hij zeker. 'Ook al zal ik dat zelf waarschijnlijk niet meer meemaken.'

Op uitnodiging van wetenschapsfinancier NWO mocht Arp dinsdag in science center Nemo in Amsterdam komen uitleggen dat het gangbare model over het ontstaan van het heelal onzin is. De oerknal? Zwarte gaten? Een uitdijende kosmos? Klopt niets van, zegt Arp. 'In essentie is de ruimte hetzelfde als het niets. Dan vraag ik me af: kan het niets uitdijen? Kan uit het niets een universum ontstaan? We kunnen wel zeggen dat het niets gekromd is, dat het niets vele dimensies heeft - maar het blijft het niets. 'In de wereld volgens Arp ontstaan sterrenstelsels niet uit het niets, maar worden ze geboren uit andere sterrenstelsels. En het heelal als geheel - dat is er gewoon. Stabiel, zonder geboortedatum, zonder Big Bang, zonder uitdijing. Simpel.

Al sinds eind jaren zestig ziet de Amerikaan dingen die zijn gelijk bevestigen. Quasars, een soort sterrenstelsels die volgens de rest van de astronomische goegemeente aan de randen van het heelal liggen en bewijzen dat het heelal uitdijt, zitten volgens Arp vast aan veel dichterbij gelegen sterrenstelsels. Meer specifiek: de zogeheten roodverschuiving, een effect dat volgens de gangbare theorie vergelijkbaar is met de schijnbaar lagere toonhoogte van een zich verwijderende ambulancesirene (het Dopplereffect), wordt volgens Arp veroorzaakt door de jonge leeftijd van de stelsels. Het is de kleur van babysterren.

Bijna niemand die hem gelooft. Ondanks de boeken vol met foto's van quasars die verdacht dicht bij andere, nabije sterrenstelsels rondhangen, en er zelfs via 'lichtbruggen' mee verbonden lijken te zijn. 'Ze vragen bewijs, ik geef ze bewijs. Dat is toeval, zeggen ze dan. Ze vragen meer bewijs, ik geef ze meer bewijs. Dat is nog meer toeval, zeggen ze dan. Ach, we zouden zo ver kunnen zijn, als we niet waren blijven steken in doodlopende steegjes.'

Dadaïst

Hij was altijd al een buitenbeentje. Vader was schilder - een ver familielid van de Duits-Franse dadaïst Jean Arp - en gaf zijn zoon thuis les. Pas op zijn elfde ging Halton voor het eerst naar school.

'Ik stelde vragen over het heelal, wilde weten wanneer dat zou eindigen. Want als het heelal zou eindigen, dacht ik, dan had werken geen zin. Het kostte me enige tijd om die vraag te beantwoorden. Dat werd mijn werk.'

Hij studeerde cum laude af aan Harvard, promoveerde cum laude aan het California Institute of Technology, maar vond zijn collega-sterrenkundigen eigenlijk maar saai. In Californië 'graviteerde' hij vanzelf naar de jazzclubs van LA en Pasadena. 'Charlie Parker, Chetty Baker . . .'

Achter zijn Dior-bril beginnen zijn ogen te glanzen. 'Ik dacht dat ze de wereld konden veranderen, met hun energie. Daar ben ik een beetje in teleurgesteld. Al die dromen, doelen, verlangens die het niet gehaald hebben . . .'

Hij kwam terecht in de burgerrechtenbeweging, protesteerde tegen 'Vietnam', werd voorzitter van de westelijke afdeling van de progressieve Federatie van Amerikaanse Wetenschappers. Totdat die afdeling uit de federatie werd gezet. 'We waren te radicaal.'

Zijn vrienden wilden slechts de wereld veranderen. Arp was de man die het heelal wilde veranderen. Daar zat niet iedereen op te wachten.

Zijn eerste revolutionaire ontdekking werd in 1966 nog in het gerenommeerde blad Science gepubliceerd. 'Ik had ze verrast, ze beseften niet wat de implicaties van het artikel waren.' Maar toen ze die doorkregen, zegt Arp, gingen de deuren dicht. Zijn volgende artikel haalde ternauwernood de Armenian Astrophysical Journal. De gevestigde sterrenkundige orde had geen behoefte aan een revolutie

Logisch, zegt Arp. Wanneer zou blijken dat de toen al wijd geaccepteerde standaardtheorie niet zou kloppen, zou het fundament verdwijnen onder duizenden carrières, onder argumenten voor nieuwe telescopen en

observatiesatellieten. En dat niet alleen. Ook het geloof dat rond de Big Bang is opgebouwd, zou op losse schroeven komen te staan. 'Het is het ultieme creationisme. Meer nog dan het christelijke scheppingsverhaal. Dat had tenminste nog een God nodig. De astronomie laat de wereld uit het niets ontstaan.'

Arp werd in de ban gedaan. Begin jaren tachtig mocht hij niet langer gebruik maken van de grote 2-meter telescoop van Caltech. Hij nam ontslag, 'uit principe', en vertrok met zijn tweede vrouw (een Franse collega-astronome, die hij had leren kennen tijdens nachtelijke waarnemingen op de telescoop) naar Europa.

'Ik ben eigenlijk wel blij dat ik nu hier zit. Wat er in de VS gebeurt is vergelijkbaar met de kosmologie. De conservatieve krachten zijn aan de macht.'

Minder gehoor

Arp kreeg een baan bij het Max Planck Institut für Astrophysik, in Garching, vlakbij München, waar hij nog steeds 'reguliere gast' is. Maar hij vindt steeds minder gehoor. Na het overlijden van een grote medestander van naam, Fred Hoyle, in 2001, resteert eigenlijk alleen Geoffrey Burbidge van de Universiteit van Californië. En ook die wordt al tachtig, dit najaar.

Zijn er dan geen studenten of promovendi die graag de geschiedenis in zouden gaan als de nieuwe Galileo? Te weinig, vindt Arp. 'Vanaf hun eerste studiejaar krijgen ze onzekerheid ingeplant. Ze zijn nerveus, willen vooruit, en leren daarom de bestaande ideeën uit hun hoofd, zonder zelf goed na te denken. Daardoor komen die later ook niet meer op. Het is een soort hersenspoeling.'"

Nu is er ook nog een probleem een Arps theorie: als de roodverschuiving niet door het Dopplereffect komt, waardoor dan wel? Doordat het jonge sterren zijn, zegt Arp. 'Met lichtere elektronen.' Lichte elektronen zijn alleen nog nooit waargenomen. 'Misschien zijn ze wel ontdekt, maar nooit als zodanig herkend.'

Bijval

De enige bijval krijgt hij op lezingen voor amateurastronomen, die ook goed naar plaatjes kijken.

'Zij kennen de sterrenstelsels, zij kennen de namen, weten ze te vinden. Het zijn echte waarnemers, die objectief kijken naar wat de waarnemingen kunnen betekenen. Niet zoals wetenschappers, die alleen maar zien wat een waarneming volgens de theorie móet betekenen.'

De religieuze fanaten die hem omarmen vanwege zijn twijfels aan de Big Bang, bezorgen hem niet al te veel last. 'Mijn antwoorden stellen hen meestal niet tevreden. God is op mijn waarnemingen niet te zien.'

En zijn vrouw, ook astronome? 'Ze houdt haar oordeel voor zich. Als ik thuiskom met een nieuw plaatje van een sterrenstelsel, dan vindt ze dat interessant. Ze knipt krantenartikelen uit waarvan ze denkt dat die me interesseren, maar ze komt niet met meningen over de roodverschuiving. Ze is eigenlijk vooral bezig met de kleinkinderen.'

Wat hem, voormalig universitair schermkampioen, misschien het meest heeft teleurgesteld, is het gebrek aan sportiviteit onder wetenschappers. Zonder ironie: 'Je doet je best, gaat de strijd aan, speelt zo goed als je kunt, maar als de ander wint, moet je hem feliciteren. Wie doet dat nog, tegenwoordig?'

EENHEDEN en GEGEVENS

Lichtjaar	Ly	9×10^{12} (biljoen) Km
Lichtjaar	LY	9.000.000.000.000 Km
Mega lichtjaar	Mly	1.000.000 lichtjaar
Giga Lichtjaar	Gly	1.000.000.000 lichtjaar
Lichtjaar	Ly	63241 Ae
Astronomische Eenheid	Ae	Afstand Aarde - Zon
Astronomische Eenheid	Ae	149 597 870,7 Km
Astronomische Eenheid	Ae	8,317 lichtminuut
Lichtminuut		17 987 547, 48 Km
Parsec	Pc	3,26 16 lichtjaar
Megaparsec	Mpc	31×10^{12} (biljoen) Km
Megaparsec	Mpc	31.000.000.000.000 Km
Hubble constante	H0	72 Km/s/Mparsec +/- 4 Km
Roodverschuiving	z	$(\lambda - \lambda_0) : \lambda_0$
Golflengte symbool	λ	Lambda
Frequentie symbool	ν	Nu (in Hertz)
Afstand Aarde - maandag		384.450 Km gemiddeld
Afstand Aarde - Zon (Ae)		± 150 miljoen Km
Afstand Zon - Jupiter		741 - 817 miljoen Km
Afstand Aarde - Jupiter		588 - 968 miljoen Km
Golflengte zichtbaar licht		370 - 750 Nanometer Nm
Lichtsnelheid		300.000 Km/sec
Lichtsnelheid precies	c	299.792, 458 Km/sec
gravitatieconstante	G	$6, 67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
constante van Planck	h	$6, 62607 \times 10^{-34} \text{ J s}$
massa zon	M_{zon}	$1.9891 \times 10^{30} \text{ Kg}$
straal zon R	R_{zon}	$6.9599 \times 10^8 \text{ m}$

BRONNEN

Wikipedia

Youtube "Halton Arp & the big bang" James Soorenson

"Mijn theorie" van Albert Einstein

"Atlas of peculiar galaxies", H. Arp

"Quasars, redshifts and controversies", Halton Arp

"Seeing Red", Halton Arp

"QED, The strange theory of light and matter", Richard Feynman

"Tweeling aarde", Govert Schilling

Volkskrant artikel van 28-05-2005 over bezoek Halton Arp

Wetenschappelijke fora en blogs

"Zoektocht van een ongeleerde", Jacob Huisman