Hoe de JWRT ook gaat aantonen dat het universum rond is

Roodverschuiving, afstanden en de James Webb-ruimtetelescoop

Om de vorm van het universum vast te stellen, moeten we bestuderen hoe sterrenstelsels over de hemelkoepel verdeeld zijn, met andere woorden we hebben dichtheidsmetingen nodig van aantallen sterrenstelsels in het universum. Daarvoor wordt in de sterrenkunde de roodverschuiving van spectraallijnen in het lichtspectrum van sterrenstelsels gebruikt. Sterrenstelsels zenden wit licht uit, maar dat ontvangen wij niet altijd als wit licht, meestal roder. Edwin Hubble toonde in 1931 al aan dat hoe verder weg een sterrenstelsel staat, hoe groter zijn roodverschuiving is, dat wil zeggen hoe verder de spectraallijnen in het sterlichtspectrum naar het rood verschoven zijn. De (mate van) roodverschuiving wordt met de letter “z” aangegeven. Roodverschuiving nul betekent dat het licht net zo ontvangen wordt op aarde als het uitgezonden werd. Het licht van zeer verre sterrenstelsels is zo ver naar het rood verschoven dat het zelfs als infrarood hier aankomt. Dat laatste is de specialiteit van de James Webb-telescoop. Die kan wat de Hubble-ruimtetelescoop niet kan: kijken in het midden-infraroodspectrum met zijn MIRI (Mid Infra Red Instrument). In dit infrarooddeel van het spectrum zijn de zeer verre sterrenstelsels beter zichtbaar en kunnen we hun afstand beter bepalen.

Metingen door de Hubble-ruimtetelescoop en zijn opvolger

De Hubble-ruimtetelescoop Hubble (HRT) bestaat uit een aantal precisie-instrumenten voor astronomische waarnemingen. Hij is genoemd naar de Amerikaanse astronoom Edwin Hubble en draait sinds de lancering door NASA en ESA op 24 april 1990 als een kunstmaan rond de aarde. De Hubble wordt gebruikt voor optische waarnemingen. De telescoop bezit ook een infraroodcamera.
Het verste sterrenstelsel dat tot nu toe met de Hubbleruimte-telescoop gedetecteerd is, heeft een roodverschuiving z=11, vandaar de naam van dit stelsel: GN-z11. Dat betekent dat alle lichtgolflengtes van GN-z11, zoals deze op aarde ontvangen worden 12 maal langer zijn geworden (namelijk z+1) zo lang zijn als van het licht dat zeer lang geleden door het sterrenstelsel uitgezonden werd. Immers z is de relatieve roodverschuiving: het waargenomen golflengteverschil tussen de ontvangen lichtgolflengte λ en de uitgezonden lichtgolflengte λ_0, , ten opzichte van de uitgezonden golflengte λ_0 oftewel $(\lambda-\lambda_0)/\lambda_0$, dan is de roodverschuivingsfactor $\lambda / \lambda_0 = z+1$. Lang geleden? Ja, het licht heeft veel tijd nodig om over die zeer lange afstand tot hier aan te komen. Vandaar dat een afstand tot een sterrenstelsel in lichtjaren wordt uitgedrukt: een lichtjaar is de afstand die licht in één jaar aflegt in vacuüm. Een waarneming met de Hubble-ruimtetelescoop van GN-z11, dat op vele miljarden lichtjaren afstand van de Aarde ligt, is derhalve een foto uit het verre verleden van GN-z11. De James Webb-ruimtetelescoop kan een roodverschuiving meten tot ongeveer 70, ruwweg 6 keer zo veel als de Hubble-ruimtetelescoop in het infraroodspectrum kan waarnemen. Bovendien is de scherpte van de James Webb-ruimtetelescoop veel beter. Dat betekent nog niet dat deze dan ook 6 keer zo ver kan kijken, want dat is afhankelijk van het verband tussen roodverschuiving en afstand in lichtjaren. Voor die afstandsbepaling zijn de vorm en ook de (zichtbare) horizon van het universum belangrijk. Welke vormen komen in aanmerking en wat zijn hun kenmerken? Die kunnen we dan gaan vergelijken met de echte waarnemingen.

Een vlak of Euclidisch universum versus een rond universum

Het Euclidische FLRW-model (Friedmann, Lemaître, Robertson, Walker) is het gangbare universummodel dat sterrenkundigen en natuurkundigen momenteel hanteren. Wij, de auteurs, presenteren een rond universum in plaats van een vlak Euclidisch ruimtemodel. Dat roept de volgende vraag op. Welke vorm heeft het universum en wat is dan de bijbehorende distributie van massaconcentratie van sterrenstelsels in het universum? Met andere woorden waar bevinden die

sterrenstelsels zich, gerekend vanaf de aarde, vele miljarden lichtjaren terug tot aan de verste afstand in het zichtbare universum? Uitgangspunt is dat het universum homogeen en isotroop is, of anders gezegd: overal en in iedere richting op grote schaal in het gehele universum, is de massa-energie gelijkmatig verdeeld (het kosmologische principe). De materiedichtheid is dan overal even groot, zowel voor het vlakke Euclidische-universum als voor de ronde vorm van het universum. We weten dat de afstanden van sterrenstelsels in het universum afhangen van hun roodverschuiving z. De relatieve afstanden in het ronde universum worden bepaald door de verhouding tussen z en de (z+1) waarde van een sterrenstelsel vermenigvuldigd met de grootst mogelijke afstand namelijk de Hubble-Horizon-afstand. In formulevorm: het z/(z+1) gedeelte van de Hubble-Horizon-afstand. In het ronde model hebben we te maken met de relatieve boog-afstanden, in het vlakke model met de relatieve rechte lijn-afstanden. Beide zijn gerelateerd aan de grootste afstand in het universum en uitgedrukt in procenten daarvan, namelijk z/(z+1)x100 [%] en is dus een indicatie van het percentage van de “Hubble Horizon”- afstand.
Het totale volume van het universum is alles wat er is, dus 100%. Welk volume zie je door een telescoop? Dat hebben we uitgezocht en het blijkt verschillend te zijn in beide modellen. Het relatieve volumepercentage ruimte (preciezer gezegd de toename van de hoeveelheid oppervlakteruimte) in het Euclidische model neemt toe met (meer dan) het kwadraat van de relatieve afstand ten opzichte van de Hubble-Horizon-afstand. In het Ronde universummodel, dat gebaseerd is op een 3-Bol[1)] (zie verderop), is het relatieve volumepercentage van de 3-Bolruimte een sinus-kwadraat functie van het product van π en de relatieve afstand gerelateerd aan de Hubble-Horizon-afstand. We vergelijken nu die twee relatieve volumepercentages ruimte (gegeven als bovenstaande functies) afgezet tegen de relatieve afstand, beide in één grafiek: de ene van het Euclidische (vlakke) en de andere van het ronde model van het universum (ook wel 3-Bol model genoemd).

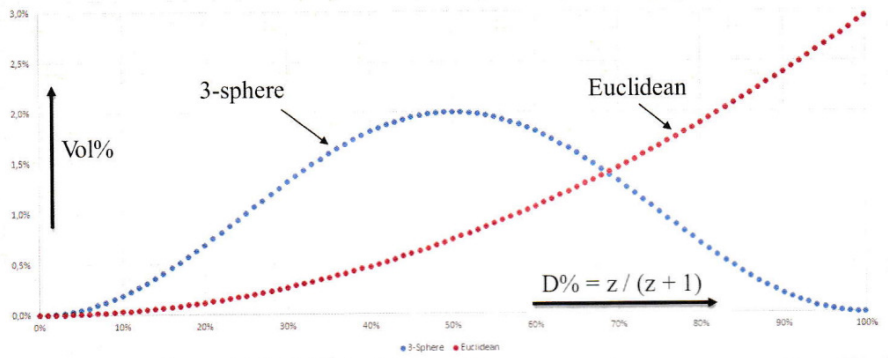


Figure 1.03: Euclidean and 3-sphere volume percentage

Zie figuur 1.03. Op de Y-as staan in volumeprocenten Vol% uitgezet zowel voor de Euclidische als de 3-Bol curve tegen de relatieve procentuele afstand D% op de X-as.
We zien een groot verschil. In de range van z=0 (het hier en nu) tot z = bijna oneindig (de Big Bang), loopt de Euclidische gebogen curve op van 0 naar 2,95% (bijna 3 volume procenten) terwijl de 3-Bol curve ook begint bij z=0 met nul volumeprocenten, maar een maximum heeft van 2 volumeprocenten bij z=1 maar dan weer zakt naar nul volumeprocenten bij z = vrijwel oneindig. Het aantal volumeprocenten bij de 3-bol verloopt dus als een klokcurve. Het snijpunt van beide curven ligt bij z=2,125 oftewel 68% van de “Hubble Horizon”-afstand met een volumeruimte percentage van 1,4%.

Met deze flinke verschillen kunnen we bepalen welke vorm het universum heeft. Daartoe gaan we de twee grafieken vergelijken met de werkelijk gemeten relatieve distributie van de sterrenstelsels.

Welk model voldoet?

Voordat we verder ingaan op de exacte begrippen en definities en de UVA-waarnemingen zelf, vermelden we alvast de uitkomst. Vooral het gevonden resultaat bij z=1 blijkt zeer belangrijk omdat het 3-Bol model wordt ondersteund door echte waarnemingen, namelijk distributie-tellingen aan sterrenstelsels uitgevoerd door de Universiteit van Amsterdam. Met behulp van de Hubble-ruimtetelescoop zijn observaties aan en tellingen van sterrenstelsels uitgevoerd (zie verder figuur 1.04), die een distributiekromme heeft opgeleverd die bij z=1 een maximaal aantal sterrenstelsels toont. De waargenomen heuvelachtige distributiecurve start bij z=0 en eindigt met bijna geen sterrenstelsels meer bij z=5. Dit resultaat toont een grote overeenkomst met het 3-Bol universum. Gebaseerd op de maximale piekwaarde van aantallen sterrenstelsels bij roodverschuiving z=1 in de UVA-grafiek, is het dus redelijk het ruimtelijk universum te beschouwen als een 3-Bol. Met andere woorden het ruimtelijk universum wordt beter beschreven door een 3-Bolruimtemodel dan door een Euclidisch ruimtemodel. Het vlakke Euclidisch-FLRW ruimtemodel is ook gekoppeld aan het Lambda-CDM-model. Lambda staat voor donkere energie als kosmologische constante en CDM, cold dark matter, staat voor koude donkere materie.

Argumenten die voor een 3-Bol vorm pleiten**:**

1) De ruimte in een gesloten 3-Bolvorm is slechts gedeeltelijk waarneembaar maar met de JWRT is bijna 99,9% ervan zichtbaar.
2) De totale massa-energie van het universum is beperkt, ze is 100% en dat is alles wat er is.
3) Het ronde model voldoet aan het kosmologisch principe, ze is homogeen en isotroop.
4) De kosmische achtergrondstraling (vanaf het moment van doorzichtig worden van het universum in het verre verleden) komt van alle kanten.
5) De distributie van sterrenstelsels in het universum vertoont een top bij z = 1.
6) Ze sluit het Euclidische FLRW-model (Friedmann,Lemaître,Robertson,Walker) uit.
7) De kritische en actuele dichtheid van een ruimtelijke 3-Bolvorm is veel groter, ongeveer 20x de dichtheid van het FRLW-model, berekend door Friedmann. Daarom vereist een 3-Bolmodel geen donkere energie of donkere massa, waar de huidige natuurkundigen en sterrenkundigen nog steeds en zonder resultaat naar op zoek zijn.
8) Er is geen noodzaak om donkere energie of extra donkere massa toe te voegen om de afwijkende snelheidsverschijnselen van sterren in sterrenstelsels te verklaren.

Als het universum dus inderdaad rond is dan is het een 3-Bol (Engels: 3-sphere) Wat is die 3-Bol eigenlijk? Hoe meet je afstanden en wat is een horizon?

Ons model van het ronde universum is een 3-Bol

De wetenschap werkt met modellen om de natuurkundige werkelijkheid zo goed mogelijk te benaderen. Ons universummodel is wiskundig een vierdimensionale lege hyperbol, die 3-Bol of 3-sfeer heet. Alle sterrenstelsels bevinden zich alleen in het 3-D(imensionale)-"oppervlaktevolume" van de 3-Bol, enigszins vergelijkbaar met onze aardkorst-schil met erin al de oceanen en continenten. Echter de rond gebogen en gesloten 3-Bol bestaat alleen uit een 3D-schil, in tegenstelling tot de massieve 3D-bol van de aardbol die dan een 2D-schil heeft. De vierde dimensie van de 3-Bol is de tijd en wordt gerepresenteerd door de 4-D-bolstraal R_4 van de 3-Bol. Alle afstanden in het “Nu” tussen sterrenstelsels zijn dus delen van de 3-Bol grootcirkels, die in de 3-Bolschil liggen. Nog anders gezegd: alle universumlocaties (dat zijn dus ook alle sterrenstelsels) liggen in de 3-Bolschil en liggen ook allemaal op dezelfde 4-Dimensionale bolstraal-afstand van het hypothetisch middelpunt. Dat middelpunt zelf is geen deel van 3-Bolschil.
Dan is het verste object dat we theoretisch over een halve grootcirkel van de 3-Bol kunnen zien in het “Nu” precies de afstand van ons tot aan de andere kant van het ronde universum. Ter

vergelijking en verduidelijking: de meridianen die van Noordpool naar Zuidpool lopen zijn halve grootcirkels op onze Aardbol.
Wij bepalen met onze instrumenten vanaf een relatief vast punt op de Aarde via (delen van) grootcirkels de afstand tot objecten in het universum. Het meest verre punt in het theoretisch zichtbare universum noemen wij de Hubble-horizon. Die ligt op de Hubble-Horizon-afstand, in het "Nu", gemeten en/of berekend langs een halve grootcirkel in het ronde universummodel. Hiermee is, tussen twee van deze bolschilpunten, de huidige afstand te berekenen, bijvoorbeeld tussen de Aarde en GN-z11. De grootst mogelijke gebogen afstand binnen het 3-Bol-schilmodel (een half rondje) is de Hubble Horizon-afstand, dus een halve universum-grootcirkel.

De lengte van de bolstraal r_4 (in de vierde dimensie) in ons model is de verlopen tijd, het eindpunt van de straal is ons tijdstip "nu". Dientengevolge, bij $r_4 = 0$ had, in de huidige opvatting in de sterrenkunde en de natuurkunde, de hyperbol de grootte van een punt, ook wel genoemd de "Big Bang", immers het hele universum zat toen op tijdstip 0. De uitbreiding van het universum wordt voorgesteld door een groter wordende straal r_4 die eindigt bij $r_4 = R_4$, dat is de 3-Bolstraal van de "Nu"- tijd, de tijd waarin wij nu leven. De verst mogelijk gelegen sterrenstelsels liggen dus, in het "Nu" voor aardse waarnemers, aan het eind van halve grootcirkels, op de Hubble-horizon. Maar het, in ons "Nu", uitgezonden licht van verre sterrenstelsels is voor ons nog onzichtbaar, het moet immers nog miljarden jaren reizen en zal later op aarde aankomen. Derhalve geldt ook: wij zien in ons "Nu" alleen het universum zoals dat er in het lang verleden uitzag, toen het licht vertrok. Berekend met de huidige eenheden zijn de ontvangen beelden van stelsels die vlak bij de Hubble-horizon liggen, dus ook van vlak na het Big Bang moment, ruim elf miljard jaar oud. Wij beschouwen de Big Bang op tijdstip 0 dan ook als de Hubble-horizon. Naast een afstandshorizon is het dus ook een tijdshorizon. Verder dan de Hubble-horizon, is er voor ons, als aardse waarnemers, door de kromming van het universum, niets meer waar te nemen. Het is ook het punt waar we theoretisch het verst terug in de tijd zouden kunnen kijken in het universum. De z van het licht van dat limietgeval wordt oneindig groot en de relatieve afstand z/(z+1)=1=100%, de Hubble-horizon-afstand. Het wel zichtbare universum is dus maar een deelverzameling van alle sterren(stelsels) van het totale universum (de volledige bolschil).

Enfin, laten we nu, met onze afstandsformule in ons ronde 3-Bol universummodel, de afstanden tot zeer verre sterrenstelsels nauwkeuriger berekenen en relateren aan de dichtheid ter plaatse. Wat precies heeft de Universiteit van Amsterdam gemeten?

De waargenomen dichtheidsverdeling van sterrenstelsels

We kunnen nu met behulp van de roodverschuiving z van verre sterrenstelsels, afstanden van sterrenstelsels in het universum berekenen relatief aan de genoemde Hubble-horizon afstand. De verste stelsels liggen op de Hubble-horizon, dat is de maximale Hubble-(boog)afstand in het 3-Bol-universummodel. We zagen al een eenvoudige formule voor de relatie tussen de roodverschuiving z van verre sterrenstelsels en hun afstand, relatief aan de Hubble-horizon-afstand. Die formule is het eerder vermelde gedeelte z /(z + 1) van de Hubble-horizon-afstand, uitgedrukt als een percentage. Als de roodverschuiving z naar zeer hoge z-waarden gaat, nadert de breuk z / (z+1) uiteindelijk naar één, dat is 100%.

Bijvoorbeeld: GN-z11 ligt op 11/12 = 91,7% van de Hubble-horizon, bijna aan de andere kant van ons ronde universum. De James Webb kan nog iets verder kijken: 70/71 = 98,6% van de Hubble-horizon-afstand. We kunnen dus straks bijna 7%-punten verder kijken dan met de Hubbleruimte-telescoop. We verwachten daar betrekkelijk kleine sterrenstelsels (dwergsterrenstelsels) te vinden. We kijken dan verder terug in de tijd, toen sterrenstelsels zich begonnen te ontwikkelen. In de loop van de tijd fuseerden steeds meer van die stelsels tot grotere, veroorzaakt door de onderlinge zwaartekracht. Daardoor nam het aantal sterrenstelsels in de loop van tijd af. Oftewel, hoe verder je kijkt (en hoe verder terug in tijd), hoe meer en kleinere stelsels je zou moeten waarnemen.

Maar nu komt het: we hebben gezien dat uit ons model volgt dat al boven roodverschuiving z=1, dus vanaf 50% van de Hubble-horizon, het aantal sterrenstelsels dat we waarnemen niet verder toeneemt, maar juist afneemt! Hoe dat komt?
Door de gekromde ronde vorm van ons universum model. Uit de afstandsformule volgt dat bij z=1 een sterrenstelsel op de helft van de Hubble Horizon afstand ligt. Als, zoals wij analyseerden, het universum rond is, dan is er steeds minder ruimte naarmate je verder kijkt dan roodverschuiving z=1. Immers de grootcirkels ("meridianen") komen aan de overkant weer dichter bij elkaar (zie de paragraaf over een vlak Euclidisch universum versus een rond universum.)
Toename van dichtheid of afname? Wat tonen de echte waarnemingen?

Dichtheidswaarnemingen wijzen op een rond universum

Onderzoekers van de Universiteit van Amsterdam (UVA) hebben een afname aangetoond met hun grafiek waarbij N als functie van z is ingetekend. Zie figuur 1.04

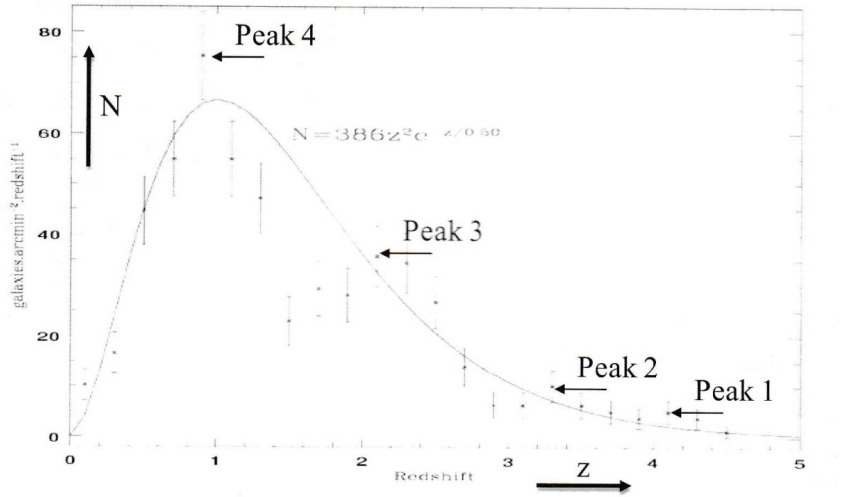


Figure 1.04: Distribution of galaxies over the universe

Op de X-as staat z, verdeeld in klassen met een stapgrootte van 0,2. Op de Y-as staat N, dat is het aantal getelde sterrenstelsels per kwadratische boogminuut en per 0,2 toename van z.
De UVA heeft dus dichtheidsmetingen met aantallen sterrenstelsels in het ruimtelijk universum uitgevoerd, met behulp van de Hubble-ruimtetelescoop. Daar waar de dichtheid aan sterrenstelsels het grootst is, bleek onmiskenbaar het gebied te zijn waar de roodverschuiving z = 1 ligt.

Nu gaan we de X-as omzetten in D%=z/(z+1) om de grafieken beter vergelijkbaar te maken.

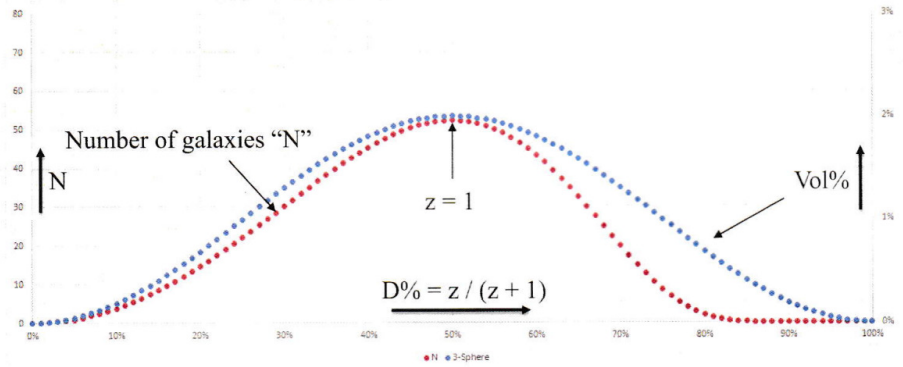


Figure 1.07: Volume% of 3-sphere "Vol%" and number of galaxies "N" as function of z / z + 1

In de grafiek van Figuur 1.07 staat op linker Y-as N als functie van D%. Hier zijn het aantal sterrenstelsels N uitgezet tegen de relatieve procentuele afstand D%= z/(z+1) door de UVA en staan op de rechter Y-as ook de eerder genoemde volumeprocenten Vol% voor de 3-Bol. De gelijkenis is opvallend. De waarneming komt dus perfect overeen met de eigenschappen van ons ronde universum model en de waarneming is in strijd met het vlakke model.
Ons ronde universummodel met de 3-Bol voldoet dus overtuigend beter dan het vlakke, Euclidisch ruimtemodel, dat de meeste natuurkundigen en sterrenkundigen nu gebruiken.

Ontwikkeling rondom het gangbare universummodel versus het ronde model

Staan wij alleen in het besef van een rond universum? Ja, voorlopig nog wel want veruit de meeste sterrenkundigen zeggen dat het universum recht of vlak is. Dat zou echter betekenen dat naarmate je verder kijkt dan roodverschuiving 1, je (meer dan) kwadratisch meer stelsels zou moeten gaan zien, om twee redenen: 1) omdat er in een recht universum kwadratisch meer ruimte is naarmate je verder kijkt, en 2) omdat stelsels veel kleiner worden naarmate je verder kijkt. (zie paragraaf met een vlak Euclidisch universum versus een rond universum).

De waarnemingen wijzen op het ronde model en verwerpen het vlakke model. Albert Einstein gebruikte het ronde universummodel al in 1917, een rond universum waarin je zonder het te beseffen in heel grote cirkels reist, terwijl je denkt rechtdoor te gaan. Het wiskundige model waar Einstein mee rekende heeft drie ruimtedimensies en één tijddimensie, het is dus de 3-Bol. Die ronde vorm voldoet namelijk ook aan het genoemde kosmologisch principe. Immers er is inderdaad geen middelpunt en geen rand in het ronde universum, het is eindig maar onbegrensd. Helaas heeft Einstein dat 3-Bolmodel van het universum laten vallen toen hij het werk van Edwin Hubble zag. Einstein heeft namelijk na die ontmoeting een soort donkere energie in zijn modelformules toegevoegd als tegenkracht tegen de zwaartekracht. Dit om ineenstorting van het universum te voorkomen, de Big Crunch.

Later noemde Einstein zijn toegevoegde kosmologische constante zijn grootste blunder en kwam toen weer terug op zijn oorspronkelijke visie, het 3-Bolmodel dat wij nu, met dank aan hem, zij het aangepast, hanteren. Want Hubble wees hem erop dat in zijn model snelheid op zich ook een ineenstorting kan voorkomen, mits die snelheid maar hoog genoeg is, namelijk de zogenaamde

ontsnappingssnelheid. Beschouw de snelheid van een vanaf de aarde omhoog geschoten kogel: als die beginsnelheid maar hoog genoeg is komt die kogel nooit terug. We hebben Einsteins model inderdaad aangepast, want bij ons is de vierde dimensie de tijd van “Nu” voorgesteld in het 3-Bolmodel als de bolstraal R_4. Het gevolg is dat wij donkere energie (ook wel de kosmologische constante genoemd) in ons model niet nodig hebben, evenmin donkere materie, zoals besproken. Dat scheelt een hoop zoekwerk.

Voorspelling

Intussen is de James Webb-ruimtetelescoop (JWRT) gelanceerd op 25 december 2022, 32 jaar na Hubble-ruimtetelescoop lancering in 1990. Met gebruik van het ronde universummodel kunnen de auteurs de voorspelling doen dat de JWRT steeds mínder sterrenstelsels zal ontdekken, naarmate je steeds verder kijkt dan de stelsels met roodverschuiving z=1. Zijn resultaten zullen een waardevolle aanvulling zijn op de Hubble-waarnemingen van de UVA. (meer gedetailleerde foto’s).
De JWRT is ten opzichte van de Aarde in het Lagrangepunt L2 “vast” gepositioneerd in de ruimte. Er zijn al zeer scherpe infrarood foto’s van objecten uit het universum gemaakt door de JWRT. Zijn missie bestaat onder meer het opvangen van sterlicht van sterren(stelsels) kort na de oerknal en de evolutie van de oudste sterrenstelsels. Ook de vorming van nieuwe sterrenstelsels en hun ontwikkeling staan op de missielijst evenals het onderzoek naar de fysische en chemische samenstelling ervan. Dit zal een overweldigende hoeveelheid data gaan opleveren en wij zijn ervan overtuigd dat Einstein (postuum) en wij gelijk zullen krijgen, namelijk dat het universum volgens de auteurs rond moet zijn. De James Webb-ruimtetelescoop zal dat nauwkeuriger gaan herbevestigen dan de Hubble telescoop al heeft gedaan.

[1]) In Wikipedia wordt de naam 3-sfeer gebruikt.

Bronnen: Wikipedia en ons boek: Repairing Robertson-Walker’s Solution.

Meer informatie en auteurs

Voor meer informatie: zie onze boeken en andere artikelen op www.loop-doctor.nl.

MSc. Rob Roodenburg, MSc. Frans de Winter (coauteur), MSc. Maarten Palthe (coauteur), MSc. Oscar van Duijn (coauteur), MSc. Henk van de Hulst (coauteur). Alfred Jacobsen (redactie).

Schiedam, december 2022