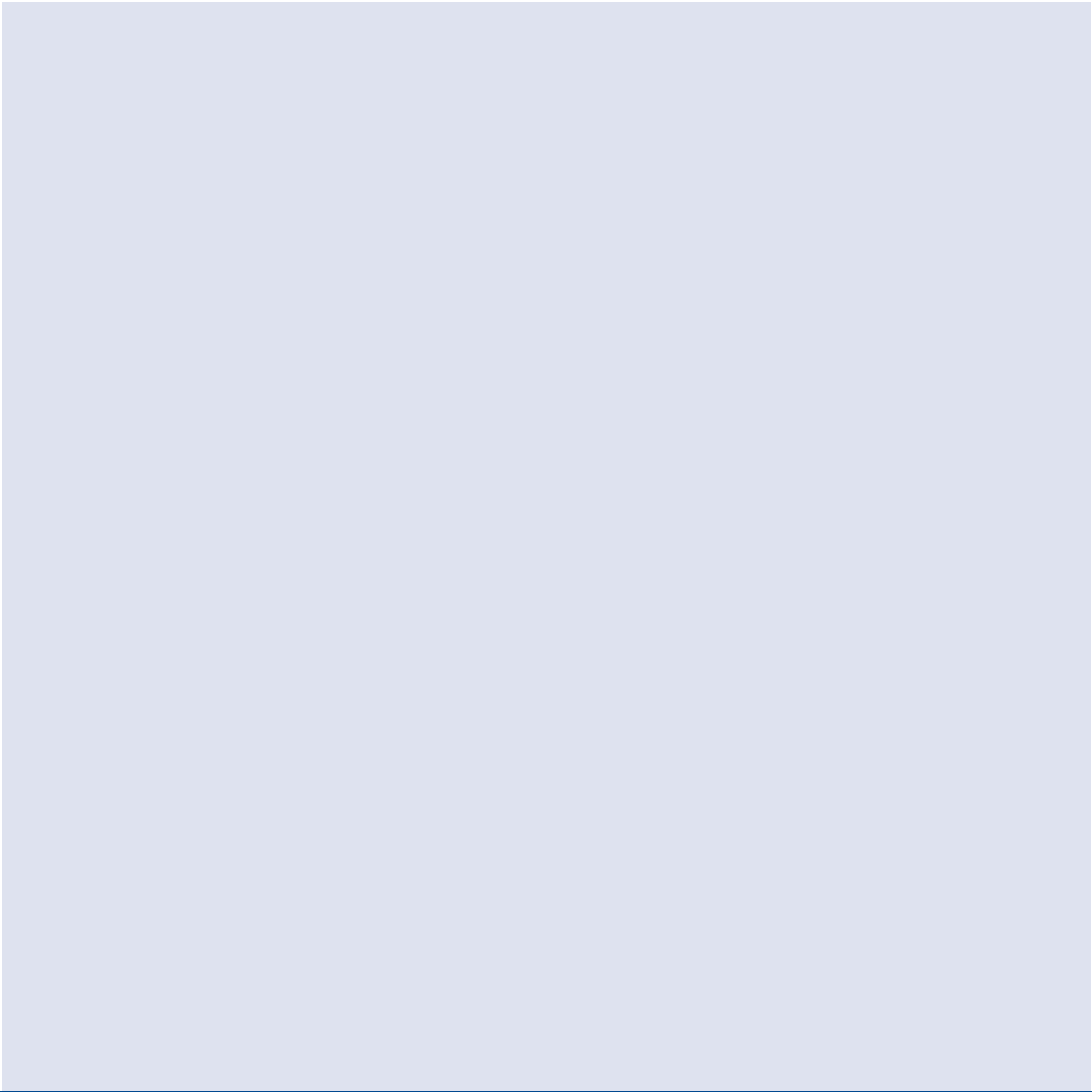


Prof.dr. F.P. Israel

Sterrenstelsels in ruimte en tijd



Universiteit Leiden



Sterrenstelsels in ruimte en tijd

Oratie uitgesproken door

Prof.dr. F.P. Israel

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de

Nabije Sterrenstelsels

aan de Universiteit Leiden

op 26 januari 2007



Universiteit Leiden



Vervormde spiraalstelsels, onregelmatige sterrenstelsels en een enkele voorgrondster in onze eigen Melkweg voltooien het tafereel.

Mijnheer de rector magnificus, zeer gewaardeerde toehoorders,

Onze planeet, de Aarde, voltooit op een afstand van 150 miljoen kilometer elk jaar een omwenteling om een ster, onze Zon. Het zonlicht overbrugt die afstand in iets meer dan acht minuten. De sterren die we 's nachts aan de hemel zien, verschillen niet wezenlijk van de Zon. De Zon is groter dan de meeste sterren die er zijn, maar hij is kleiner dan de meeste sterren die we met het ongewapend oog kunnen ontwaren. Op de noordelijke en zuidelijke hemel tesamen zijn dat er ongeveer zesduizend. Tussen de sterren strekt zich over de hele hemel een zwakke lichtband uit, de Melkweg.

Alle beschavingen op Aarde hebben hun eigen, veelal zeer uiteenlopende, verklaringen voor de Melkweg gegeven. De moderne verklaring heeft zijn oorsprong 400 jaar geleden, toen de Italiaan Galileo Galilei de eerste astronomische telescoop op de Melkweg richtte, en het nevelige schijnsel zich voor zijn ogen begon op te lossen in een veelheid aan zwakke sterren. Galilei maakte daaruit de gevolgtrekking dat de Melkweg in zijn geheel uit een zeer groot aantal sterren moest bestaan, waarvan de meeste nochtans zo ver weg staan dat ze ook in zijn telescoop niet afzonderlijk gezien konden worden. Met dit inzicht trad hij in de inmiddels bijna uitgewiste voetsporen van de Thraciër Democritus die met zijn in Egypte en Babylonië vergaarde kennis zonder telescopische waarneming al iets dergelijks had voorgesteld.

Als de Zon een ster is, en sterren zonnen zijn als onze eigen Zon, dan moeten zij wel veel verder weg staan, omdat het sterlicht 's nachts zo veel zwakker is dan het zonlicht overdag. Uit dat helderheidsverschil kan men zonder veel moeite

berekenen dat zelfs de meest nabije sterren toch moeten staan op afstanden honderdduizenden tot tientallen miljoenen malen groter dan die van de Zon. Het sterlicht heeft dan geen minuten maar jaren nodig om ons te bereiken: we zeggen dat de sterren lichtjaren ver staan.

Maar hoe kunnen we daar nu zeker van zijn? Schatten is mooi, en de sterrenkunde bedient zich noodgedwongen bij herhaling van schattingen, maar hoe bepaalt men de daadwerkelijke afstand van een ster? De jaarlijkse beweging van de Aarde om de Zon brengt uitkomst. In de loop van het jaar lijken de meest nabije sterren door die beweging een beetje heen en weer te verschuiven tegen de achtergrond van veel verder weg gelegen sterren. Die heen-en-weer beweging, parallax genoemd, is groter naarmate de ster dichterbij staat.

Raadselachtige nevels

Pas in de negentiende eeuw kon men die parallax bepalen. In 1834 vond Thomas Henderson vanaf Kaap de Goede Hoop zo een afstand van drie lichtjaren voor de heldere ster Alfa Centauri. Hij zat er maar 30 procent naast, in de sterrenkunde een heel goed resultaat! Alfa Centauri staat in werkelijkheid vier lichtjaar van ons af en we weten nu dat het de ster is die het dichtst bij de Zon staat. Henderson vertrouwde zijn metingen echter niet en stelde publikatie steeds uit. Zo verloor hij de eer van de eerste lange-afstandsbepaling in de sterrenkunde. Die viel toe aan Friedrich Wilhelm Bessel die vier jaar later een afstand van 11 lichtjaren bepaalde voor het lichtzwakke sterretje 61 Cygni. De tijd is veranderd: in onze hedendaagse meer competitief ingestelde samenleving zou een astronoom zich die primeur nooit hebben laten ontgaan, twijfel of niet.

Er is meer licht tussen de sterren dan het vage schijnsel van de Melkweg alleen. Als op een maanloze nacht de hemel aardedonker is, dan kunt u met het blote oog in de sterrenbeelden Orion en Andromeda een paar kleine nevelvlekjes ontwaren. Gaat u naar zuidelijker breedten, dan springen zelfs vrij grote nevelvlekken in het oog, door Hollandse zeevaarders als de Kaapse Wolken aangeduid, en bij sterrenkundigen thans bekend als de Magellaense Wolken.

Lange tijd slaagden telescopen er niet in om deze nevels in sterren op te lossen, en bleef hun ware aard onderwerp van gissingen. In 1755 betoogde Immanuel Kant bijvoorbeeld in zijn 'Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels' dat de nevel in Andromeda een 'eilandheerl' zou zijn, een sterrenstelsel zoals onze eigen Melkweg, maar ver daarbuiten. Zijn jongere tijdgenoot Pierre de Laplace wist echter even geloofwaardig te beargumenteren dat diezelfde Andromedanevel een planetenstelsel in wording was, tussen de sterren binnen de Melkweg gelegen. Hoewel de eerste opvatting uiteindelijk wel juist is gebleken, moeten we heden ten dage toch vaststellen dat noch Kant noch Laplace indertijd wist waarover hij het had.

Die verwarring bleef nog geruime tijd bestaan, hoewel er - met telescopen - steeds meer nevels ontdekt werden. Zoveel zelfs, dat in 1781 Charles Messier in Frankrijk een inmiddels beroemd geworden lijst publiceerde van 110 zulke objecten. De Andromedanevel komt in die lijst voor als nummer 31, en de Orionnevel als nummer 42. De ontwikkelingen gingen niet snel, en men moest op nieuw inzicht wachten tot 1845 toen William Parsons Lord Rosse in Ierland zijn reusachtige en op eigen kosten gebouwde telescoop in gebruik nam. Daarmee ontdekte hij vrijwel meteen dat sommige van die nevels van Messier een spiraalstructuur vertoonden, zoals bijvoorbeeld de

nummers 33 en 51. Messier 51 kwam zelfs bekend te staan als de Draaikolknevel. Lord Rosse meende zelf dat de spiraalnevels onopgeloste sterrenstelsels waren, maar anderen zagen in die spiraalstructuur nu juist aanleiding om ze in navolging van Laplace als zonnestelsels in wording te beschouwen.

Dat niet alle nevels hetzelfde waren bleek overigens ook al kort daarna. Men slaagde erin het ontvangen nevellicht met behulp van prisma's te ontleden, een techniek die bekend staat als astronomische spectroscopie. Zo wisten sterrenkundigen al in de 19e eeuw vast te stellen dat diffuse nevels, zoals de Orionnevel, uit heet en lichtend gas bestaan. Spiraalnevels, zoals de Andromedanevel en de Draaikolknevel, moesten echter wel degelijk het licht van niet afzonderlijk geziene sterren vertegenwoordigen.

Maar hoeveel onopgeloste sterren waren dat dan, en hoe ver weg stonden die sterren? In 1885 verscheen in de Andromedanevel plotseling een ster waar eerder niets te zien was. Wij weten nu dat het daarbij om een supernova ging. Dat is een ster die vele malen zwaarder dan de Zon is, en aan het eind van zijn leven explodeert. Hij wordt dan gedurende korte tijd honderdduizend maal helderder. De tijdgenoten onderschatten echter schromelijk de kracht van de explosie, en daarmee de helderheid van het verschijnsel. Daardoor bleven ze geruime tijd volharden in de mening dat de ster, en met de ster de hele Andromedanevel, op een afstand van slechts 1.600 lichtjaren stond. Astronomisch gezien is dat weliswaar niet naast de deur, maar toch ook weer niet verder dan de bakker op de hoek.

Die afstand leek bovendien geloofwaardig, want men kreeg ook steeds meer besef van de ware en grote afmetingen van ons eigen Melkwegstelsel. Al in 1784 beschreef William Herschel de

Melkweg als een schijfvormig stelsel van 300 miljoen sterren met de Zon in het centrum, een diameter van 8.000 lichtjaar en een dikte van 1.500 lichtjaar, in die tijd van postkoets en trekschuit werkelijk ongehoorde afmetingen en aantallen. Meer dan een eeuw later, in 1920, plaatste de Groninger sterrenkundige Jacobus Kapteyn de Zon nog steeds in het centrum, maar was het Melkwegstelsel in zijn model al zeven keer groter geworden. Zijn schatting van de diameter, 55.000 lichtjaar, was overigens nog steeds te klein.

Verloren wereldbeeld

De opvatting dat men de nevels binnen het Melkwegstelsel moest plaatsen was zo gek nog niet. In deze voorstelling immers spande de Melkweg het heelal op, net zoals eerdere generaties in vroeger tijden zich een heelal hadden gedacht dat maar weinig groter was dan het Zonnestelsel. Het is wel enigszins te begrijpen dat een immens heelal, waarin ruimte was voor niet één, maar vele reusachtige melkwegstelsels, zelfs rond 1900 het voorstellingsvermogen van menigeen simpelweg te boven ging.

Toch ging dit welhaast knusse wereldbeeld in de twintigste eeuw verloren. Groeiende twijfels leidden in 1920 tot een beroemd geworden debat tussen de Amerikaanse sterrenkundigen Harlow Shapley en Heber Curtis. Shapley kende aan de Melkweg voor die tijd ongehoord grote afmetingen toe, maar plaatste alle nevels binnen deze Melkweg. Curtis dacht ten onrechte aan een veel kleinere Melkweg, maar plaatste terecht wel de Andromedanevel en andere spiraalnevels op veel grotere afstanden ver daarbuiten. Het debat had geen duidelijke uitkomst. Shapley moest zich bij zijn redenering over de aard van de nevels op een nieuwe, onbekende natuurwet beroepen, en dat maakte natuurlijk geen sterke indruk. Curtis had wel gelijk toen hij de belangrijkste

argumenten van Shapley in twijfel trok, maar hij had geen overtuigend bewijs voor dat gelijk.

Toch werd het pleit onverwacht snel beslecht. Op nieuwjaarsdag 1925 maakte Edwin Hubble bekend dat hij met de gloednieuwe 100-duims telescoop op Mount Wilson individuele, in helderheid regelmatig veranderlijke, reuzensterren in de Andromedanevel had geïdentificeerd. Die sterren, en daarmee de hele Andromedanevel, moesten volgens hem op een afstand van bijna een miljoen lichtjaar staan, ver buiten de Melkweg. Messier 31 en de andere spiraalnevels konden niet anders dan grote sterrenstelsels zijn.

Nog geen vijf jaar later verbijsterden dezelfde Hubble en zijn collega Humason de wereld opnieuw, ditmaal met hun opzienbarende ontdekking dat sterrenstelsels zich sneller van ons af bewegen naarmate ze verder weg staan. Die evenredigheid kan alleen begrepen worden als wij ons in een voortdurend uitdijend heelal bevinden en het heelal ooit een begin heeft gekend.

De afstanden van sterrenstelsels zijn moeilijk te bepalen, ook heden nog. Maar dankzij Hubble kon men opeens de relatief makkelijk te meten snelheden van sterrenstelsels gebruiken om tenminste een redelijke schatting van die afstanden te krijgen. Al bijna onmiddellijk zorgde dat voor nieuwe verrassingen. Enkele sterrenstelsels bleken zulke hoge snelheden te hebben dat ze veel verder weg moesten staan dan men tot dusver voor mogelijk had gehouden.

In minder dan tien jaar tijd was onze kijk op het heelal dramatisch veranderd. Zoals de Verlichting afscheid nam van een universum dat zich niet wezenlijk voorbij de planeten van

het zonnestelsel uitstrekke, zo moest de Moderne Tijd afstand doen van een heelal dat slechts door de sterren van het Melkwegstelsel werd opgespannen. Ondanks zijn omvang is ons Melkwegstelsel slechts een van zeer vele, een nietig object in een onvoorstelbaar groot heelal.

Donkere materie

Nog steeds is deze ontwikkeling niet ten einde. In de halve eeuw die achter ons ligt deed zich een ongekend snelle ontwikkeling van de techniek voor. De technische vooruitgang bracht steeds grotere telescopen op Aarde en in de ruimte, steeds gevoeliger meetapparatuur, steeds betere methoden om steeds grotere gegevensstromen te verwerken en te duiden, en een enorme verbreding van het golflengtegebied waarover we kunnen waarnemen. Als gevolg hiervan is onze kennis van het heelal en wat zich daarin afspeelt toegenomen in een tempo en met een omvang die de stoutste dromen overtreft, zelfs van de sterrenkundigen van nog geen generatie geleden.

De toegenomen kennis heeft echter een duistere kant. Het licht dat ons uit de diepten van de ruimte bereikt, vertelt ons dat wij als blinden zijn. Donkere materie die op geen enkele golflengte straling uitzendt, verradt zijn aanwezigheid door de zwaartekracht die het uitoefent op de materie die we wel zien.

Het heelal bevat zesmaal meer donkere dan lichtgevende materie, weten we sinds enkele tientallen jaren. Wat die donkere materie zou kunnen zijn, weten we echter niet ofschoon daar wel wat bespiegelingen over zijn. Sinds een jaar of tien denken we bovendien dat de donkere materie op haar beurt meer dan driewerf overtroffen wordt door de donkere energie, waarvan we tot op heden zelfs niet vermoeden wat het zou kunnen zijn. Steeds beter kunnen we zelfs het zwakste licht nog

onderscheiden, maar tegelijkertijd blijkt dat al wat licht geeft vrijwel te verwaarlozen is. De nevels van onwetendheid trekken op, maar het licht van kennis en inzicht onthult een grote duisternis. Laten we vandaag de onbekende duisternis de rug toekeren en ons beperken tot de stralende materie waarvan we wel weet hebben.

Zo weten we nu bijvoorbeeld dat de schijf lichtende sterren die onze eigen Melkweg vormt een diameter van 100.000 lichtjaar heeft. De Melkweg is een spiraalstelsel, en de schijf heeft een dikte van 4.000 lichtjaar. In de kern bevindt zich een zogeheten superzwaar zwart gat drie miljoen maal zo zwaar als de Zon, en een miljoen maal een miljoen maal zo zwaar als de Aarde. Binnen een diameter van slechts veertig maal de afstand van de Aarde tot de Maan is de ruimte zo vervormd dat er wel van alles in kan vallen, maar dat er niets, ook geen licht, uit kan ontsnappen.

De Zon staat op een afstand van 27.000 lichtjaar van deze kern, en is een van de ongeveer driehonderd miljard sterren in het stelsel. Driehonderd miljard is een heel groot getal, maar niet volkomen onoverzichtelijk. Zo zijn er ook ongeveer 300 miljard seconden verlopen sinds de mens zijn allereerste nederzettingen stichtte, maar 300 miljard zandkorrels vullen het laadruim van een grote vrachtwagen nog niet voor de helft.

Lege ruimte

Die honderden miljarden sterren zijn over zo'n groot volume verspreid dat de Melkweg onvoorstelbaar leeg is. Sterren leven in een ongelofelijke eenzaamheid. Als we de Zon verkleinen tot een fel schijnend bolletje van 4 millimeter in doorsnee, dan heeft de Aarde de omvang van een grote lichaamscel, en past het hele zonnestelsel in de danszaal. Op dezelfde schaal van 1

op 300 miljard zijn de dichtstbijzijnde sterren kleine felle lampjes in de Dom van Keulen, in het Atomium te Brussel en in Westminster Abbey in Londen. Daartussen is overal lege duisternis. Sterrenstelsels behoren tot de allerleegste structuren die we in de natuur kennen.

Maar met die lege sterrenstelsels is het heelal wel dicht gevuld. De Andromedanevel is een spiraalstelsel ongeveer even groot als de Melkweg. Het bevindt zich op een afstand van ruim twee miljoen lichtjaren, nog verder dan Hubble indertijd vermoedde, maar toch niet meer dan twintig maal de diameter van zo'n groot spiraalstelsel. Die situatie vinden we steeds. Complete sterrenstelsels staan op onderlinge afstanden van slechts enkele tientallen malen hun eigen diameter. De individuele sterren in die stelsels zijn van elkaar gescheiden door naar verhouding heel veel grotere afstanden van tientallen miljoenen malen hun eigen diameter. De donkere materie, die eerder genoemd werd, strekt zich ver uit voorbij het zichtbare deel van een sterrenstelsel. De sterrenstelsels zijn daardoor in de ruimte nog veel dichter opeengepakt dan we op basis van hun lichtschijnsel zouden vermoeden.

Naarmate we verder de ruimte inkijken, zien we het aantal sterrenstelsels snel toenemen. In die stelsels kunnen we de helderste sterren nog individueel onderscheiden tot op 20 miljoen lichtjaar, dus ruwweg 10 keer verder dan de Andromedanevel. Tot op de veel grotere afstand van ongeveer 100 miljoen lichtjaar kunnen we in sterrenstelsels nog heel duidelijk allerlei structuren onderscheiden. Het gebied van wat we de 'nabije sterrenstelsels' zouden kunnen noemen strekt zich daarmee uit tot ongeveer 50 maal de afstand van de Andromedanevel, het dichtstbijzijnde grote melkwegstelsel.

Het licht van de verste nabije stelsels doet er dus 100 miljoen jaar over om ons te bereiken. Ook in de tijd is dat nabij, want alle sterrenstelsels zijn nog eens honderd maal zo oud. Voor ons is 100 miljoen jaar een lange tijd: de hele evolutie van de zoogdieren heeft in die tijd plaatsgevonden. Maar het heelal is ruim 13 miljard jaar oud, en de sterrenstelsels zijn maar weinig jonger.

Lange tijd meenden sterrenkundigen dat de sterrenstelsels weliswaar een onstuimige jeugd hadden gehad, maar dat zij in de miljarden jaren daarna slechts een bezadigd leven hadden geleid waarin maar weinig opmerkelijks was voorgevallen. Nu is het duidelijk dat sterrenstelsels aan voortdurende, vaak heftige verandering onderhevig zijn, en dat ook de meest nabije stelsels zich nog steeds op verrassende wijze ontwikkelen.

Waarnemingen van de verre sterrenstelsels, in de diepten van ruimte en tijd, zijn van wezenlijk belang om het bestaan en de aard van die evolutie vast te stellen. Maar het zijn de zeer gedetailleerde waarnemingen die we aan de nabije sterrenstelsels kunnen doen die licht werpen op de ontwikkelingen die de evolutie bepalen.

Nieuwe sterren

Daarbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan de vorming van sterren. In sommige melkwegstelsels treffen we bijna alleen maar oude sterren aan. In andere zien we grote aantallen jonge sterren. Soms zijn de jonge sterren min of meer gelijkmatig over een stelsel verspreid. Elders vindt een snelle en veelvuldige vorming van sterren plaats in enkele duidelijk omliggende gebieden terwijl in het grootste deel van het stelsel weinig aan de hand lijkt te zijn. Soms bevinden die gebieden van snelle stervorming zich vooral in de buitendelen van een stelsel en soms alleen in het centrum. Welke mechanismen leiden tot

de vorming van sterren? Treden deze mechanismen in alle sterrenstelsels in gelijke mate op? Hoe, in welke onderlinge verhouding, en in wat voor tempo worden sterren dan gevormd? Is dat tempo altijd hetzelfde geweest?

Nieuwe sterren worden gevormd uit het gas tussen de al aanwezige oudere sterren. Dat gas bestaat grotendeels uit waterstof en helium, maar bevat ook andere elementen in geringe maar niet te verwaarlozen hoeveelheden. De sterren stralen dankzij de energie die in hun inwendige vrijkomt bij de kernfusie van lichte elementen tot zwaardere elementen. Alle elementen die wij kennen behalve waterstof, helium en lithium vinden hun oorsprong in een sterinwendige. Dat geldt ook voor stoffen zoals bijv. koolstof, stikstof, zuurstof en silicium waaruit de Aarde en wijzelf zijn opgebouwd. In de woorden van wijlen Carl Sagan: 'We are starstuff'.

Maar hoe en in welk tempo komen deze fusieproducten vanuit een sterinwendige terecht in planeten en levende wezens? Hoe houdt de niet aflatende verrijking, zo men wil vervuiling, van het gas tussen de sterren met de nieuwgevormde elementen verband met andere eigenschappen van een sterrenstelsel?

Blijven de sterren in een sterrenstelsel altijd maar ronddraaien? Of verandert hun ruimtelijke verdeling met de tijd? Men zou zich kunnen voorstellen dat gas en sterren worden weggeslingerd, of dat ze juist naar de kern vallen en daar door een superzwaar zwart gat worden opgeslokt. Gebeurt dat ooit echt, en zo ja: hoe, wanneer en waardoor?

Wanneer je processen van verandering wilt onderzoeken, dan is het vaak verstandig eerst maar eens een inventaris op te maken, en met een indeling te beginnen. Waarover hebben we

het eigenlijk? Welke onderling verschillende groepen kunnen we onderscheiden? Wat onderscheidt die groepen nog meer, en wat hebben ze gemeen?

Edwin Hubble, die de ware aard van de sterrenstelsels onomstotelijk wist vast te stellen, leverde in 1936 nog een belangrijke bijdrage met zijn onderverdeling van sterrenstelsels in elliptische systemen, spiralen met en zonder balk, en onregelmatige stelsels. Inmiddels schiet die classificatie tekort om de bijna onuitputtelijke afwisseling van melkwegstelsels in uiterlijk en omvang te beschrijven. In de astronomische vakliteratuur vindt men dan ook tal van aanvullingen, uitbreidingen en zelfs alternatieve indelingen. In hun dagelijkse gesprekken maken sterrenkundigen echter nog steeds gebruik van Hubble's eenvoudige onderverdeling.

Elliptische reuzen

De elliptische sterrenstelsels zien er weinig intrigerend uit. Zij lijken wel het toppunt van eenvoud, met hun véergaande symmetrie en gladde helderheidsverdeling. In de elliptische stelsels vinden we nauwelijks jonge sterren, en de oude sterren zijn gelijkmatig door het stelsel verspreid. Elliptische stelsels zijn ook opmerkelijk vrij van smetten: de stofwolken en stofbanden die andere stelsels zo kenmerken vallen hier op door hun afwezigheid. Ze hebben zeer uiteenlopende massa's en afmetingen. Maar de allergrootste sterrenstelsels die we kennen zijn zonder uitzondering elliptische systemen.

Elliptische stelsels zijn reusachtige zwermen van sterren. De sterren bewegen in willekeurige richtingen door elkaar heen, en het geheel kent nauwelijks of geen aswenteling. De ontzagwekkende leegte van de stelsels maakt dat de sterren ondanks hun vaak aanzienlijke snelheden ongestoord door

elkaar heen bewegen en nooit botsen. Toch heeft de voortdurende wisselwerking tussen hun zwaartekrachtvelden er mettertijd voor gezorgd dat in elliptische stelsels de bewegingen van alle sterren met elkaar in evenwicht zijn gekomen. Uit die bewegingen blijkt eveneens dat ook de kernen van elliptische stelsels een superzwaar zwart gat herbergen, dat doorgaans veel zwaarder is dan het zwarte gat in onze eigen Melkwegkern.

De eenvoud van elliptische sterrenstelsels is echter bedrieglijk. Zo vertoont een niet te verwaarlozen minderheid afwijkende, vreemde eigenschappen, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van een schijf van stof en gas in het binnenste van het stelsel. In een enkel geval heeft de ingebedde schijf van stof en gas spectaculaire afmetingen, en trekken die stelsels ook op andere wijze de aandacht van oplettende waarnemers. Dat is bijvoorbeeld het geval met het stelsel dat bij ingewijden bekend staat onder zijn radionaam Centaurus A.

Maar vooral de vorm van elliptische stelsels is intrigerend! Je zou verwachten dat ze plat zouden zijn, maar dat is niet zo! Sterrenstelsels zijn ontstaan uit samentrekkende gaswolken. Het is vrijwel onvermijdelijk dat de bewegingen in zo'n gaswolk een kleine hoeveelheid draaiing opleveren. Bij voortgaande samentrekking gaat de instortende wolk sneller om zijn as wentelen. Dat is een bekend verschijnsel dat we behoud van impulsmoment gedoopt hebben. Door de steeds heftiger draaiing wordt samentrekking in het vlak van de rotatie snel onmogelijk, terwijl samentrekking in richtingen loodrecht op dat vlak ongehinderd kan doorgaan. Zo verandert een instortende wolk al snel in een draaiende schijf. Omdat de samentrekking sneller verloopt naarmate de massa groter is, ging de vorming van stelsels als geheel sneller dan de vorming van de individuele sterren erin.

Het is duidelijk dat dit niet de oorsprong van elliptische stelsels kan zijn: die zijn verre van plat, en hebben vrijwel geen aswenteling. Waar komen ze dan wel vandaan? Vertellen de plaatsen in het heelal waar we elliptische stelsels aantreffen misschien ook iets over hun oorsprong?

Sterrenstelsels staan meestal niet alleen in de ruimte, maar scholen samen. De samenscholingen kunnen reusachtige vormen aannemen, die we clusters noemen. Ons eigen Melkwegstelsel beweegt met een aantal andere sterrenstelsels door de ruimte onder de invloed van een samenscholing van duizenden stelsels in het sterrenbeeld Maagd. Deze zogeheten Virgo Cluster staat op een afstand van 60 miljoen lichtjaren - dat wil zeggen 25 keer verder weg dan de Andromedanevel. Hij is voor het eerst opgemerkt door de al eerder genoemde Messier. Maar liefst 16 van de nevels in zijn catalogus zijn sterrenstelsels in de Virgo Cluster.

Precies in het midden van de Virgo Cluster vinden we het reusachtige elliptische stelsel Messier 87, met meer dan tienmaal de massa van de Melkweg een van de zwaarste sterrenstelsels die we kennen. Het blijkt dat de zwaarste elliptische stelsels zich overal en zonder uitzondering in het hart van een cluster bevinden. M87 is trouwens niet alleen een ongewoon groot maar ook een heel opmerkelijk sterrenstelsel. Het is een bron van krachtige radiostraling, en uit het hart van het systeem spuit een nauwe, gerichte straal van gloeiende materie ver naar buiten, de ruimte in.

Bij dat ene reusachtige elliptische stelsel in het hart van elke cluster blijft het niet. In het nabije, dat wil zeggen het huidige, heelal worden de binnenste delen van alle clusters geheel

beheerst door vele grote en kleine elliptische sterrenstelsels. Dat was vroeger niet zo, want die overheersing wordt minder als we met de Hubble-ruimtetelescoop diep in de tijd terugkijken naar de verst verwijderde clusters.

Verstoorde spiralen

Ondanks de overheersing van elliptische stelsels in clusters, zijn de meeste grote sterrenstelsels in de nabije ruimte spiraalstelsels, zoals onze Melkweg er ook een is. Spiraalstelsels hebben een veel minder eenvoudig voorkomen dan elliptische stelsels. We vinden spiraalstelsels in clusters, met name in de buitenste delen, maar we treffen ze toch vooral aan in de aanmerkelijk kleinere samenscholingen die we groepen noemen. Zo zijn de Melkweg en de Andromedanevel de twee dominante leden van een dergelijke groep, die we niet bijster origineel de Lokale Groep noemen. Groepen worden altijd gedomineerd door spiraalstelsels.

Spiraalstelsels hebben een zeer kenmerkend uiterlijk. Ze bestaan uit een fel stralende lensvormige opeenhoping van sterren omgeven door een platte, vrij dunne schijf waarin sterren en gas in spiraalvorm geconcentreerd zijn. Zoals je voor platte systemen verwacht, hebben spiraalstelsels een duidelijke aswenteling. Alle sterren bewegen in dezelfde richting rond het centrum waarbij snelheden van honderden kilometers per seconde niet ongebruikelijk zijn. De snelheden hangen af van de verdeling van de massa in het stelsel, en het patroon van snelheden kan vrij ingewikkeld zijn.

Er zijn grote en kleine spiraalstelsels. De grootste hebben een massa die de massa van onze Melkweg een paar maal overtreft. De kleinste zijn 30 tot 50 keer minder zwaar. Zulke kleine spiralen bevatten toch nog altijd ettelijke miljarden sterren! In

tegenstelling tot elliptische stelsels bevatten spiraalstelsels altijd een aanzienlijke hoeveelheid gas en stof. Gemiddeld bestaat zo'n 10 procent van de massa uit ijle wolken diffuse materie tussen de sterren. Dit gas en stof bevindt zich veel meer dan de sterren dichtbij het middenvlak van de schijf. Dat is met name opvallend bij spiraalstelsels die wij toevallig juist op hun kant zien. De platte sterrenschijf wordt dan middendoor gedeeld door een dunne donkere band, waar het stof het licht van de erachter gelegen sterren geheel verduistert. De centrale lens is daarentegen doorgaans vrij van stof en gas. Eigenlijk vertonen die centrale lens-structuren, in het Engels 'bulges' geheten, vrij veel overeenkomst met elliptische stelsels.

Grote sterrenstelsels hebben een stabiliteit die in de natuur uitzonderlijk is. De sterren in zo'n stelsel kunnen vrijwel nooit snelheden bereiken hoog genoeg om eruit te kunnen ontsnappen. Betekent dit dat met name die grote sterrenstelsels altijd hetzelfde blijven? Spiraalstelsels zien er ingewikkelder uit dan elliptische stelsels. Door hun dwangmatige rotatie zijn de sterbewegingen weliswaar geordend, maar niet met elkaar in evenwicht gebracht. Spiraalstelsels vertonen bovendien allerlei verschillende vreemde eigenschappen, waarmee ze zich niet alleen van elkaar onderscheiden, maar ook afbreuk doen aan het beeld van regelmatige, ongestoord roterende systemen waaraan nooit iets is veranderd.

Mooie, duidelijke spiralen zijn heel zeldzaam. Meestal zijn ze onvolledig, asymmetrisch of gewoon rommelig van uiterlijk. De onderlinge verhoudingen van centrale lens en omringende schijf lopen sterk uiteen. Sommige stelsels hebben bijna geen schijf, andere hebben bijna geen lens, en men kan eigenlijk alles daartussen vinden. In veel gevallen valt de centrale lens in het niet bij een langgerekte balkstructuur. Nog ingewikkelder

vormen zijn geen uitzondering.

Uit het overvloedig aanwezige gas en stof kunnen nieuwe sterren zich gemakkelijk vormen. Juist de helderste daarvan bestaan niet langer dan enkele tientallen miljoenen jaren, maar ze geven in die korte tijd wel erg veel licht. Op die manier zijn stelsels met een verhoogd tempo van stervorming goed te onderscheiden van stelsels waar op dat terrein niet veel gebeurt. Zo kunnen we stelsels waar zich ware orgieën van stervorming voordoen zelfs tot op grote afstand gemakkelijk herkennen. Dat zijn meestal vervormde spiraalstelsels waar de centrale lens in het geheel niet vrij van stof en gas is, maar juist een opeenhoping daarvan huisvest. Soms is er zoveel stof dat het hele centrum verduisterd is. Soms ook draait de centrale lens tegen de schijf in: twee verschillende aswentelingen in één en hetzelfde stelsel! Hoe ontstaat zo'n bewegingstoestand? Hoe komt dat gas en stof in het centrum terecht? Hoe zal het zulke ophopingen van gas, stof en nieuwe sterren vergaan?

Niet alleen in de binnenste delen, maar ook in de schijf doen zich vreemde verschijnselen voor. Veelal blijft een spiraalstructuur wel te herkennen, maar kan de uiterlijke verschijning van het stelsel toch bizarre vormen aannemen. Zulke stelsels worden door de astronomen droogjes als 'eigenaardig', in het Engels 'peculiar' aangeduid.

Het is al weer veertig jaar geleden dat de Amerikaanse sterrenkundige Chip Arp naam maakte met zijn 'Atlas of Peculiar Galaxies' waarin hij 338 van de vreemdste gevallen bijeen bracht. Dit rariteiten-fotoboek is een van de meest succesvolle astronomische publicaties. De atlas van Arp is nog steeds in gebruik, en kan in zijn geheel op het internet gevonden worden. Inmiddels kennen we zo veel meer van zulke pathologische gevallen dat geen fotoboek nog

volledigheid kan nastreven. Abnormaliteit is de nieuwe norm, en niemand durft nog van 'normale sterrenstelsels' spreken.

Ondanks hun bescheiden voorkomen behoren dwergstelsels tot de meest fascinerende sterrenstelsels aan de hemel. Hun afmeting en massa is zo gering, dat elke optredende gebeurtenis vrijwel ogenblikkelijk het hele stelsel domineert. Daardoor kunnen we juist in dwergstelsels de processen die in sterrenstelsels van belang zijn afzonderlijk onderzoeken. In grote sterrenstelsels spelen die processen zich veelal gelijktijdig af, en zijn ze moeilijk van elkaar te scheiden. Het is als met het verschil tussen grote steden en kleine dorpen. Bij gebeurtenissen in de stad is vaak niet te achterhalen wie de aanstichter is, of zelfs wat zich precies heeft voorgedaan, maar in een dorp weet iedereen meteen wat er gebeurd is en wie het gedaan heeft.

Overall dwergen

Dwergstelsels zijn een paar miljoen tot een paar miljard zonsmassa's zwaar. Een wel erg uit de kluiten gewassen dwerg van miljard zonsmassa's bevat nog steeds niet meer dan een paar procent van de massa van de Melkweg. Dwergstelsels kennen uiteenlopende vormen. Sferoïdale stelsels komen het meest voor en elliptische dwergstelsels het minst. De onregelmatige dwergstelsels bevinden zich in aantal daartussen.

Dwergstelsels zijn veruit de meest voorkomende sterrenstelsels in het heelal. Onze Lokale Groep bevat bijvoorbeeld tegen drie spiraalstelsels 38 dwergstelsels. Er worden nog steeds nieuwe dwergstelsels in de Lokale Groep ontdekt, en het uiteindelijke aantal zal waarschijnlijk tussen de 50 en 60 komen te liggen.

Dat komt doordat met name de sferoïdale stelsels een geringe dichtheid aan sterren paren aan een onbeduidende uiterlijk.

Veel ervan zijn aan de hemel nauwelijks terug te vinden. Pas wanneer je sterren gaat tellen, vind je er in de richting van zo'n stelsel net iets meer dan in andere richtingen. Deze losse groepen sterren geven de indruk dat we hier vooral te maken hebben met de overblijfsels van dwergstelsels die ooit misschien wat indrukwekkender waren, maar die al in een ver verleden op een ingrijpende manier van hun stof en gas, en misschien ook wel van veel sterren, zijn ontdaan.

De onregelmatige dwergstelsels vallen beter op. Ze bevatten weinig stof maar veel gas, soms evenveel als sterren. Met enige regelmaat wordt in onregelmatige stelsels het licht beheerst door zeer heldere, pas gevormde sterren. De meest opvallende van zulke stelsels vormen nieuwe sterren in een hoog tempo dat we elders zelden aantreffen. Omdat deze dwergstelsels weinig stof, en weinig zware elementen bevatten dacht men lang hier met jonge sterrenstelsels te maken te hebben. Maar dat is niet zo. De overheersende aanwezigheid van de jonge sterren in deze stelsels trekt onevenredig veel aandacht. Wanneer we hun licht wegfilteren, dan blijkt ook hier de bevolking vooral te bestaan uit grote aantallen minder opvallende oude sterren. Er zijn geen stelsels zonder oude sterren, en alle sterrenstelsels zijn oud!

Maar als ook alle dwergstelsels oud zijn, dan zijn er al vele generaties sterren gekomen en gegaan die al die tijd stof en zware elementen in het ijle gas hebben geloosd. Waar is dat dan gebleven? Pas sinds kort weten we dat de zwaartekracht van dwergstelsels niet kan verhinderen dat veel stof en pasgevormde elementen door sterexplosies en zogeheten sterrewinden naar buiten gedreven zijn. Ook in grote sterrenstelsels zoals de Melkweg gebeurt dat, maar door de onweerstaanbare zwaartekracht van die stelsels valt alles na enige tijd weer terug in de schijf. Dwergstelsels zijn evenwel

niet zwaar genoeg om dat ook te kunnen bereiken. Wellicht duizelt het u inmiddels van alle typen sterrenstelsels, en hun eigenschappen, verschillen en overeenkomsten. Dat hoeft u zich niet al te ernstig aan te rekenen, want ook sterrenkundigen raken het overzicht wel eens kwijt. Bovendien gaat het natuurlijk ook niet zozeer om een beschrijving van al die uiterlijkheden, maar vooral om hetgeen ze ons vertellen over de algemene eigenschappen van sterrenstelsels. Waardoor worden die bepaald? Pas in de laatste tientallen jaren hebben we een enigszins samenhangend beeld van de evolutie van sterrenstelsels gekregen.

Inval en groei

Je zou de drijvende kracht daarachter kosmische bemoeizucht kunnen noemen. Veel eerder heb ik u een indruk proberen te geven van de onvoorstelbare leegte van sterrenstelsels, maar ook van hun relatief geringe onderlinge afstanden. Daarbij hebben ze, afhankelijk van hun omgeving, snelheden van honderden tot duizenden kilometers per seconde. Het zal dan geen uitzondering zijn wanneer sterrenstelsels elkaar op korte afstand passeren. Wanneer ze dat met een bescheiden snelheidsverschil doen, en dat is in groepen onveranderlijk het geval, dan is het onvermijdelijk dat ze al snel met elkaar in botsing komen en uiteindelijk met elkaar versmelten. In rijke clusters van sterrenstelsels zijn die ontmoetingssnelheden in het algemeen wel hoog. Samensmeltingen komen daar veel minder voor, maar verlies van gas of schade door botsing treedt wel op. Het verstoorde uiterlijk van veel sterrenstelsels is er een stille getuige van dat zulke gebeurtenissen zich vaak voordoen.

De Melkweg is een uitstekend voorbeeld. Hij heeft twee betrekkelijk grote dwergstelsels als satellieten. Het zijn de Magellaanse Wolken waarvan ik u al eerder vertelde dat ze op

het zuidelijk halfrond gemakkelijk met het blote oog te zien zijn. De Grote Magellaense Wolk heeft het uiterlijk van een sterk vervormd klein spiraalstelsel. De Kleine Magellaense Wolk blijkt een bijna uiteengerukt systeem te zijn. Beide zijn met elkaar verbonden door een brug van waterstofgas, en laten bij hun beweging door de ruimte ook een lange staart van verloren gassen achter. Dit is het gevolg van een fatale onderlinge wisselwerking tussen die twee stelsels onderling, en tussen het stelselpaar en de veel grotere Melkweg. We zijn er vrij zeker van dat beide dwergen ongeveer 500 miljoen jaar geleden de Melkweg dicht genaderd zijn, en dat ze dit in de toekomst ook weer zullen doen. We verwachten zelfs dat beide stelsels over een paar miljard jaar definitief in de Melkweg zullen vallen en daarvan dan deel zullen gaan uitmaken.

Zoiets is al eerder vertoond. Onder andere Leidse sterrenkundigen zijn er al een kleine tien jaar geleden in geslaagd om in ons Melkwegstelsel groepen sterren te identificeren waarvan de beweging verraadt dat ze het restant zijn van lang geleden opgeslokte dwergstelsels. Zelfs de ster Arcturus, een van de helderste sterren aan de hemel, lijkt zo'n indringer te zijn. In de toekomst hopen we met de dan in de ruimte gebrachte Gaia-satelliet nog veel meer van dit soort restanten te vinden. Tenslotte hebben we zelfs een dwergstelsel ontdekt dat op dit ogenblik bezig is dit lot te ondergaan. Het is de Sagitarius-dwerg, die door de getijdewerking van de Melkweg al zover uiteen is gerukt dat zijn sterren in hun neerstortende baan over een groot deel van de hemel verspreid zijn geraakt. Het stelsel was dan ook zo weinig opvallend dat de ontdekking ondanks zijn geringe afstand lang op zich liet wachten.

Hoe verhoudt zich dat met vroeger tijden? De Hubble-ruimtetelescoop heeft ons gevoelige beelden verschaft van

sterrenstelsels diep in de ruimte. Op die beelden uit een ver verleden overheersen betrekkelijk kleine stelsels, en stelsels als de Melkweg ontbreken. Het lijkt erop dat sterrenstelsels hun volle omvang bereiken door bij voortduring kleinere stelsels op te slokken. Aan de Melkweg te oordelen is kosmisch kannibalisme nog steeds gaande, maar we weten niet zeker of dit de enige manier is waarop grote sterrenstelsels tot stand komen.

Hoe de samensmelting van dwergen een steeds groter spiraalstelsel oplevert is een vraag waarop het antwoord nog veel onderzoek en nieuw inzicht vereist. Wel is het duidelijk dat het gas en de sterren verschillend reageren op zo'n samensmelting. Het merendeel van de ingevallen sterren zal zonder botsingen deel gaan uitmaken van het grotere stelsel. Zij kunnen daarbij een volume vullen dat groter is dan de schijf. We denken dat de halo van sterren die de Melkweg omgeeft zo tot stand gekomen is.

Een deel van het gas zal met grote snelheid naar buiten geslingerd worden, en zogeheten getijde-armen vormen. Veel gas zal echter bewegingsenergie verliezen, en naar het centrum van het spiraalstelsel vallen. Zo zijn die in het oog lopende centrale opeenhopingen van gas en stof in veel verstoorde spiraalstelsels veroorzaakt. Een echte botsing is niet eens nodig, het langs elkaar heen strijken van sterrenstelsels kan voor gas in een schijf al voldoende aanleiding zijn om naar binnen te vallen. Maar ook hier is het allerm minst duidelijk hoe dit zich allemaal precies afspeelt. Met name zouden we graag willen begrijpen hoe het gas en stof zo precies in het centrum terecht komen, dat het centrale superzware zwarte gat ermee gevoed kan worden, en we de gewelddadige verschijnselen kunnen verklaren die we in de kernen van zulke sterrenstelsels zien.

Er zijn veel dwergstelsels, en daardoor komt de ontmoeting van een dwergstelsel met een veel groter stelsel relatief vaak voor. Die ontmoeting loopt bijna altijd slecht af voor het kleinere stelsel. Als het de dans ontspringt en niet wordt opgeslokt, bekoopt het een dichte nadering met gasverlies en sterke vervorming door de getijdewerking van het grotere stelsel. Het lijkt erop dat de meeste dwergstelsels in de Lokale Groep uiterlijk getekend zijn door een of meer van zulke ontmoetingen met de grotere stelsels.

Vooraf in clusters vallen dwergstelsels en kleine spiraalstelsels ook in elliptische stelsels. Hun gas en stof vormt dan de verhoudingsgewijs kortlevende schijf die we binnen veel elliptische stelsels vinden. Zo'n schijf kan nieuwe sterren vormen, maar een groot deel ervan kan ook in het centrale superzwarte gat verdwijnen. Bij zo'n instroom licht de onmiddellijke omgeving van het zwarte gat fel op, en wel feller naarmate de instroom groter is. Zeker weten we het niet, maar dit lijkt allemaal te gebeuren in een zichzelf regulerend proces waarbij perioden van snelle stervorming en fel oplichten van de melkwegkern elkaar afwisselen. Zelfs bij zo'n inval komt lang niet alle gas in het zwarte gat terecht. Een deel wordt versneld en met enorme snelheden weer in tegenovergestelde richtingen weggeschoten.

Het al eerder genoemde radiostelsel Centaurus A is het meest nabije voorbeeld, op slechts 10 miljoen lichtjaar afstand. Dit reusachtige elliptische stelsel staat in het centrum van een kleine cluster. Het heeft een opmerkelijk grote stofband, die het restant is van een klein spiraalstelsel dat enkele tientallen miljoenen jaren geleden is ingevallen. Door een gelukkige samenloop van omstandigheden kunnen we zelfs het invallende gas op een

groot deel van zijn weg naar het zwarte gat volgen.

Gedaantewisseling

Minder vaak doet zich ook de catastrofale ontmoeting van twee grote stelsels voor. In de Lokale Groep, bij voorbeeld, naderen de Andromedanevel en de Melkweg elkaar met de matige snelheid van 100 kilometer per seconde. Over 5 miljard jaar zullen deze twee reuzenstelsels met elkaar botsen en versmelten. Het duurt nog wel even, maar de afloop is onvermijdelijk. De ontmoeting van twee zulke grote stelsels heeft een verwoestende uitwerking op hun structuur, die onze vakgenoten met moderne rekenmachines heel aardig kunnen nabootsen. Grote delen van de sterschijven zullen in wilde getijdebewegingen de ruimte in geslingerd worden. We zien dat nu ook werkelijk gebeuren in veel van de eigenaardige stelsels uit de catalogus van Arp, terwijl de Hubble-ruimtetelescoop die catastrofes in detail voor ons heeft afgebeeld. Een prachtig voorbeeld is het sterrenstelselpaar dat bekend staat als 'de Antennes', twee stelsels die nog juist als afzonderlijke spiraalnevels te herkennen zijn, maar al in een vergevorderd stadium van versmelting verkeren.

Het merendeel van de sterren zal niet ontsnappen, maar hun beweging verandert van karakter tijdens de versmelting. De geordende rotatiebeweging gaat over in een ongeordende beweging in willekeurige richtingen, en de sterren krijgen de ruimtelijke verdeling die zo karakteristiek is voor elliptische stelsels. Het meeste stof en gas van de spiraalschijven valt echter naar het centrum. Eenmaal daar aangekomen maakt het een orgie van stervorming mogelijk. Veel van het gas wordt in een kosmische oogwenk omgezet in grote aantallen sterren. De pasgevormde sterren drijven op hun beurt in korte tijd het overgebleven gas en stof naar buiten. Ook valt veel gas in het bijna altijd aanwezige superzwarte zwarte gat, waarvan de

onmiddellijke omgeving bij dit gebeuren fel oplicht. Als alle wilde activiteit weer is weggestorven is een groot elliptisch sterrenstelsel het resultaat, vrijwel zonder stof of gas. Over 5 miljard jaar zal zo ook het hart van de bescheiden Lokale Groep een elliptische reuzenstelsel bevatten, voortgekomen uit de dan verdwenen Melkweg en Andromedanevel. Dat zulke processen in de aanmerkelijk rijkere clusters van sterrenstelsels al veel verder zijn voortgeschreden is niet moeilijk te bedenken. Ook het minder veelvuldig voorkomen van elliptische stelsels in de jeugdijaren van het heelal is nu niet meer zo verwonderlijk.

Het zal duidelijk zijn dat we pas nu beginnen te begrijpen hoe de evolutie van sterrenstelsels plaatsvindt, en hoe we de verschillen en overeenkomsten tussen sterrenstelsels in het huidige, nabije heelal kunnen verklaren. Aan onze inzichten kan echter nog veel veranderen, want nog lang niet alles is duidelijk.

Zo zijn we er allerminst zeker van hoe het gas in een sterrenstelsel zich in het centrum ophoopt, hoe lang zo'n ophoping zich kan handhaven, en hoe hij weer verdwijnt. We weten niet goed hoe de eigenschappen van het superzware zwarte gat in de kern van een sterrenstelsel verband houdt met de overige eigenschappen van dat stelsel. Evenmin weten we welke invloeden in de schijven van spiraalstelsels bepalen waar, hoe snel en in welke mate nieuwe sterren gevormd worden. We weten wel dat onregelmatige stelsels korte perioden van buitenmatige stervorming afwisselen met lange perioden waarin de vorming van nieuwe sterren uiterst traag verloopt, maar we weten niet hoe dat komt. We weten niet waardoor er zoveel sferoïdale dwergstelsels zijn, en we weten ook niet zeker hoe elliptische dwergstelsels tot stand gekomen zijn.

Omslag in denken

Zelfs wat we wel weten moeten we met voorzichtigheid blijven beschouwen. Immers, hoe vanzelfsprekend lijkt het nu niet dat opeengepakte melkwegstelsels elkaar ingrijpend beïnvloeden en dat botsingen tussen melkwegstelsels eenvoudigweg niet zeldzaam kunnen zijn. Ook vinden we het zo voor de hand liggen dat elliptische stelsels een verder voortgeschreden stadium moeten vertegenwoordigen dan spiraalstelsels, en dat onregelmatige dwergstelsels op hun beurt primitiever zijn dan spiraalstelsels. En met geen mogelijkheid kunnen we overal om ons heen nog de duidelijke aanwijzingen voor de juistheid van deze gedachten over het hoofd zien.

Maar is dat niet opmerkelijk, waar nog onlangs de geheel andere opvatting heerste van een statisch beeld waarin melkwegstelsels niet wezenlijk veranderden en zich niet met elkaar bemoeiden? Fritz Zwicky, een weinig geliefde sterrenkundige die echter in allerlei opzichten zijn tijd vooruit was, bracht een halve eeuw geleden zulke gedachten bij herhaling naar voren. Vrijwel niemand sprak hem tegen, maar evenmin vond hij navolging. Pas in de jaren zeventig kwam daarin verandering, maar het duurde nog geruime tijd voor de oude opvattingen geheel verlaten waren. Nog geen twintig jaar geleden, bijvoorbeeld, was een aantal bij uitstek ter zake deskundige astronomen bijeen op een conferentie in Baltimore. Ieder van hen mocht op een papiertje invullen hoe groot hij de gemiddelde kans achtte dat een groot sterrenstelsel als de Melkweg ooit een ander stelsel had opgeslokt. Zelfs zo kort geleden hield het merendeel van de aanwezige sterrenkundigen het weliswaar op een enkele keer, maar achtte vrijwel iedereen herhaald kannibalisme uitermate onwaarschijnlijk.

Wat is de verklaring voor deze omslag in denken? De techniek is natuurlijk snel vooruitgegaan, en de haarscherpe beelden van vandaag waren gisteren nog vaag en onscherp. Naar wat vandaag geen twijfel lijdt, kon men gisteren alleen maar raden. Maar dit is slechts een gedeeltelijke verklaring. Minstens zo belangrijk is het enorme verschil tussen de schaal van het dagelijks leven, en de schaal van het heelal dat we bestuderen. Sterrenstelsel veranderen ternauwernood op de tijdschalen van tienduizenden jaren die overeenkomen met de wordings-geschiedenis van de mensheid, laat staan in de tientallen jaren die een enkel mensenleven kenmerken. Hun afstanden en afmetingen zijn zo onvergelijkbaar met alles dat ons vertrouwd is.

Een beperkt voorstellingsvermogen en een beperkte verbeeldingskracht maken het dan telkens wel erg moeilijk, maar gelukkig niet geheel onmogelijk, om door de nevel van misvattingen toch het licht van de werkelijkheid te zien. Maar wat we terugblikkend zien als overwonnen, bijna onbegrijpelijke, blindheid, moet echter wel een waarschuwing blijven om evenzeer de waarde van de nieuwe inzichten steeds met gezond wantrouwen te blijven bezien.

Het mooie van de sterrenkunde

Dit alles brengt me haast vanzelf op een persoonlijke noot. Wat maakt het beroep van sterrenkundige zo mooi? In de eerste plaats is daar de fascinatie van het onderwerp zelf. De sterrenkunde biedt uitzicht op een heelal dat zo geheel anders is dan de wereld die we dagelijks om ons heen zien. Alleen al ons eigen zonnestelsel bevat vele werelden die zo anders en zo vreemd zijn dat we ons daarvan geen voorstelling konden maken voor we ze werkelijk gezien hadden.

De sterrenkunde toont ons een heelal dat ons er keer op keer van doordringt hoezeer het denken van de klassieke Griekse wijsgeren heeft gefaald. De meest ongebreidelde fantasie en de meest ongeremde verbeelding schieten tekort om de veelzijdige werkelijkheid van de planeten, van de sterren, van de melkwegstelsels en hun levensloop ook maar bij benadering vooraf te bedenken. De beoefening van de sterrenkunde vereist denken en ook doen, maar boven alles goed en scherp zien. Dat is echter een dankbare taak! De veelheid, vreemdheid en verscheidenheid van de verschijnselen die men dan ziet maken dat de beschouwing van het heelal nooit vermoeit of verveelt.

Er is de voldoening die je voelt als je op een scherm naar een telescoopbeeld kijkt en dan voor het eerst iets ziet wat geen mens ooit voor je heeft gezien, of als je op het papier voor je ineens de stukjes van de puzzel op hun plaats ziet vallen, en je plotseling de oplossing ziet van het vraagstuk waarmee je al die tijd worstelde, en je iets weet waar niemand dan nog idee van heeft.

Er is de verwondering als de oplossing van dat vraagstuk zo eenvoudig blijkt te zijn. Zo vanzelfsprekend dat je je afvraagt waarom je dat niet veel eerder hebt gezien. Zo voor de hand liggend dat je niet begrijpt waarom niemand je voor is geweest.

En er is, een enkele keer, de diepe vreugde wanneer een ogenschijnlijk ingewikkelde en onoverzichtelijke reeks verschijnselen tenslotte op een simpele en elegante wijze te beschrijven en te verklaren blijkt te zijn.

Dankwoord

Graag wil ik eindigen met het uitspreken van mijn dank aan het College van Bestuur van de Leidse Universiteit, aan het bestuur van de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen, en aan alle anderen die hebben meegewerkt aan de totstandkoming van mijn benoeming, voor het door hen in mij gestelde vertrouwen.

De leden van de Sterrewacht, vroeger en nu, wil ik danken voor de stimulerende inzet waarmee zij ons instituut nu al zo lang een vooraanstaande plaats in de astronomie doen innemen, en voor de uitstekende onderlinge verhoudingen die het tot zo'n groot genoegen maken om op de Sterrewacht te werken.

Dames en Heren studenten: U houdt ons jong, nu ja, laat ik zeggen: u behoedt ons voor al te snelle veroudering. Op Uw schouders rust uiteindelijk ook de toekomst van de Sterrewacht. Bedenk dat het bedrijven van wetenschap hard werk vereist, maar ook durf: de durf om je nek uit te steken, en de durf om fouten toe te geven.

Tenslotte wil ik mijn ouders en de leden van mijn gezin Isa, Marinus en Adriana, bedanken voor alles wat ze voor mij betekenen. Dank je dat jullie er zijn.

Ik heb gezegd.

In deze reeks verschijnen teksten van oraties en afscheidscolleges.

Meer informatie over Leidse hoogleraren:
Leidsewetenschappers.Leidenuniv.nl

PROF.DR. F.P. ISRAEL



- 1977 Postdoctoral Fellow California Institute of Technology (V.S.)
- 1980 Visiting Scientist European Space Technology Laboratory (ESTEC)
- 1984 Universitair Docent Sterrewacht Leiden
- 1996 Universitair Hoofddocent Sterrewacht Leiden
- 2005 Hoogleraar Nabije Sterrenstelsels
Opleidingsdirecteur Sterrenkunde.

In enkele eeuwen tijd is de menselijke voorstelling van het heelal veranderd van een onbegrijpelijke maar enigszins eenvoudige constructie in een gecompliceerde maar enigszins begrijpelijke constructie. Het heelal biedt ons een getrappt beeld: planeten draaien om sterren die deel uitmaken van sterrenstelsels. Deze melkwegstelsels vormen op hun beurt grotere samenklontering. Op de grootste schalen is echter geen inzicht mogelijk zonder een beroep te doen op de zogeheten donkere materie en donkere energie. Die zijn niet direct waarneembaar, en alleen de invloed die ze uitoefenen valt te bespeuren. Sterrenstelsels vormen het meest vertrouwde onderdeel, waarmee de ruimte thans nog dicht gevuld is. Maar een bestudering in detail verraaft bij de meeste nabije sterrenstelsels een ingewikkeld karakter en een veelbewogen geschiedenis. De aard en evolutie van sterrenstelsels is een van de belangrijkste terreinen van het astronomisch onderzoek in Leiden.



Universiteit Leiden