Donkere Materie (2): Strijd tussen de sterren

Het eerste artikel uit deze serie stond in het teken van een vreemde ontdekking van de astronomische zwaargewichten Jan Hendrik Oort en Frits Zwicky, die werd bevestigd door het onderzoek van de jonge Vera Rubin. Zij nam waar dat de rotatiesnelheid van sterrenstelsels veel groter is dan op grond van de massa van de zichtbare materie, voornamelijk sterren en gas, wordt voorspeld. Volgens Newtons zwaartekrachttheorie zouden sterrenstelsels die zo snel draaien meer massa moeten hebben, anders vliegen ze gewoonweg uit elkaar.

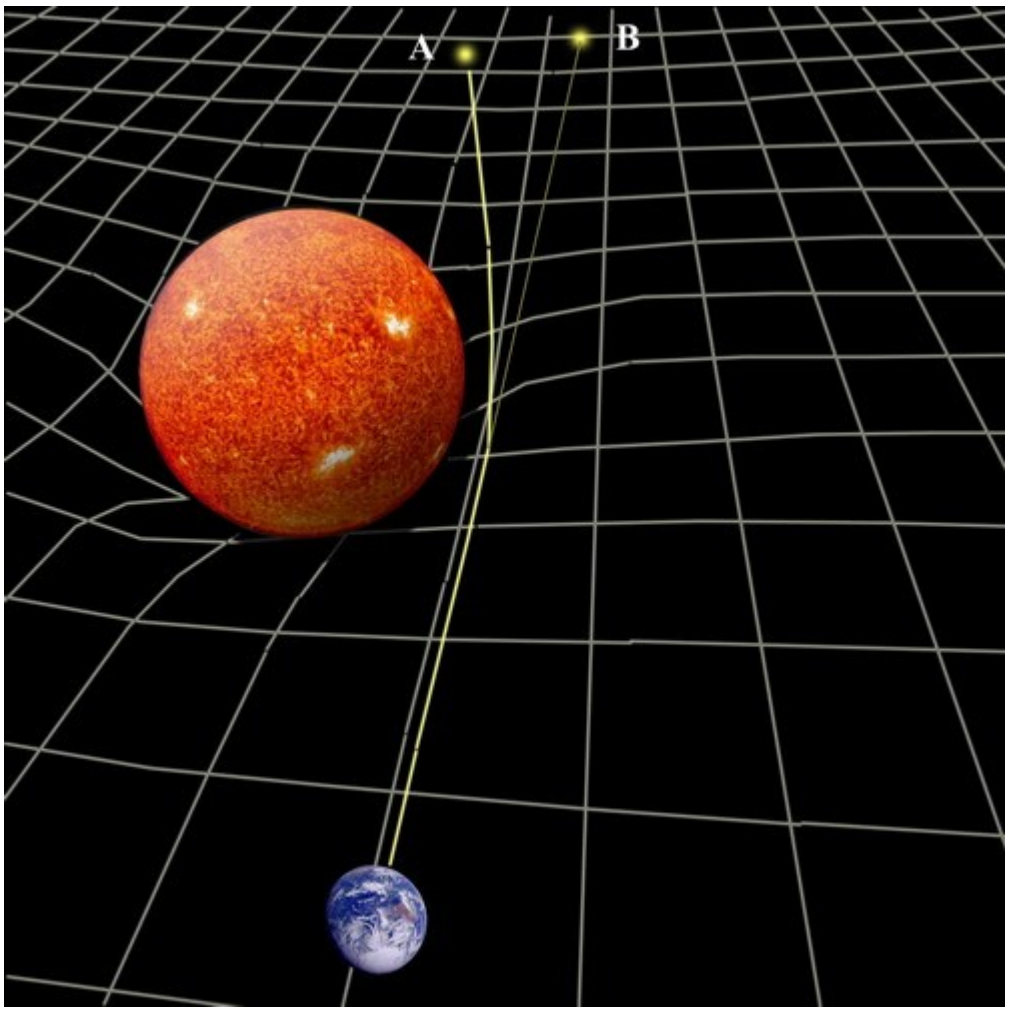
Deze ontdekking bracht de astronomische gemeenschap tot een splitsing: sommigen gaven de onbekende onzichtbare massa de naam “Donkere Materie” (DM), terwijl anderen de zwaartekrachtwetten van Newton en Einstein in twijfel trokken en hun eigen “geModificeerde Newtoniaanse Dynamica” (MoND) wilden ontwikkelen. Deze strijd is tot de dag van vandaag nog niet helemaal gestreden, hoewel sterrenkundigen sindsdien een hoop aanwijzingen hebben gevonden. Over deze aanwijzingen, die ons verder brengen in het mysterie van donkere materie, gaat dit tweede artikel uit de serie.

Buigende ruimte-tijd

Het probleem van zoeken naar donkere materie is dat het onzichtbaar is: volgens de huidige theorieën straalt het geen licht uit en absorbeert het dat ook niet; het heeft er eigenlijk geen enkele invloed op. Sterker nog: donkere materie heeft, voor zover we weten, geen enkele wisselwerking met normale materie, behalve door middel van de zwaartekracht. Omdat donkere materie, indien het bestaat, in ieder geval zwaartekracht uitoefent (en dus massa heeft), kunnen we er meer over te weten te komen door deze onzichtbare massa in kaart brengen.

De methode hiervoor is al in 1915 door Albert Einstein voorspeld in zijn algemene

relativiteitstheorie. In deze theorie zijn ruimte en tijd niet statisch en strikt gescheiden, maar een vierdimensionaal geheel (de ruimte-tijd) dat kan inkrimpen, uitrekken en buigen. Volgens Einstein is zwaartekracht niets anders dan kromming van de ruimte-tijd. Elke massa vervormt de ruimte-tijd, en kan daardoor het pad van een andere massa veranderen of zelfs van een lichtstraal buigen. In het laatste geval wordt dit effect “gravitationele lenswerking” genoemd. Dit effect is voor het eerst waargenomen door de Britste astronoom Arthur Eddington in 1919. Hij reisde met een telescoop en fotografische platen naar West-Afrika, om daar tijdens de zonsverduistering de sterren die rondom de zon lijken te staan waar te nemen. Doordat de zwaartekracht van de zon de ruimte-tijd kromt, waren de lichtstralen van deze sterren gebogen en leken ze verder van de rand zon te staan dan in werkelijkheid, zoals geïllustreerd in afbeelding 1. Eddington bewees met zijn waarneming dat Einsteins zwaartekrachttheorie de juiste was, waardoor Einstein in één klap beroemd werd.



Afbeelding 1. Sterlicht afgebogen door de zon.Doordat de massa van de zon de ruimte-tijd kromt, wordt het licht van de ster gebogen. Hierdoor lijkt een ster die eigenlijk op plaats A staat, vanaf de Aarde op plaats B te staan. Bron: Zamanda Yolculuk

MoND krijgt de kogel

Als donkere materie echt bestaat, kan deze methode ook gebruikt worden om het te vinden. Het heelal is namelijk vrijwel homogeen gevuld met sterrenstelsels. Als het licht van deze sterrenstelsels naar de aarde reist, kan het in de buurt komen van een wolk donkere materie. De zwaartekracht van donkere materie vervormt de ruimte-tijd, waardoor het licht van de sterrenstelsels afbuigt. De sterrenstelsels die, vanaf de aarde gezien, achter de massaverdeling staan, lijken hierdoor vervormd, zoals geïllustreerd in afbeelding 2. In deze waarneming is de vervorming van het licht van de sterrenstelsels op de achtergrond zo sterk, dat direct te zien is waar de massa zich moet bevinden. In het geval van donkere materie is dit effect echter zo zwak, dat je het aan een paar sterrenstelsels niet merkt. Alleen als je de

vervorming van duizenden sterrenstelsels tegelijk zeer nauwkeurig meet, kun je een gemiddeld effect waarnemen en in kaart brengen wat de massaverdeling van de donkere materie zou moeten zijn. Deze methode is gebruikt om uit te zoeken of donkere materie echt bestaat, of dat we onze zwaartekrachtwetten moeten aanpassen.

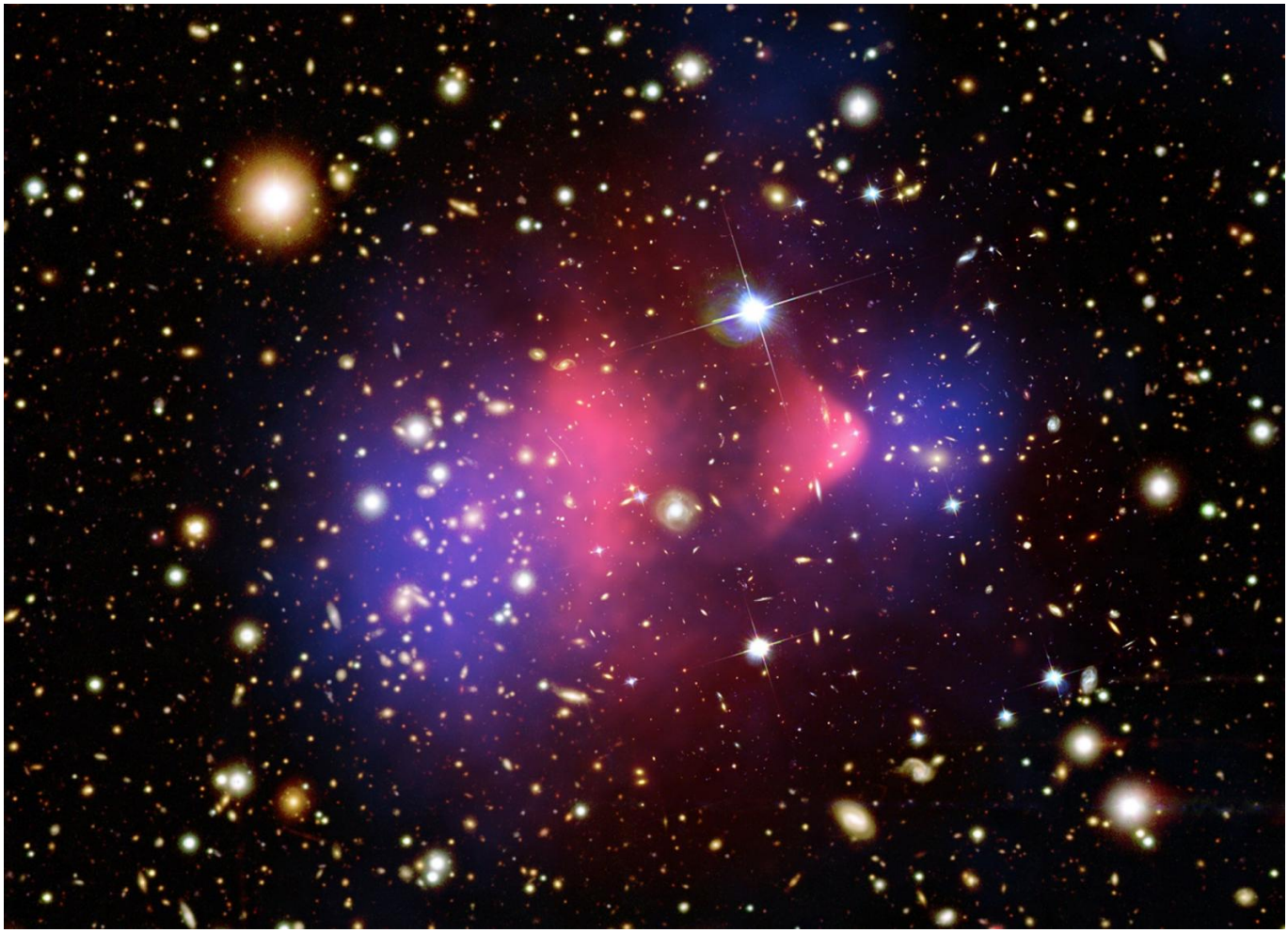


Afbeelding 2. Een gravitatielens.Door de lenswerking van de zwaartekracht lijken de sterrenstelsels achter deze cluster vervormd, waardoor sterrenkundigen de massa van de cluster kunnen reconstrueren. Deze methode kan ook worden toegepast om donkere materie in kaart te brengen. Bron: ESA, Hubble Space Telescope

In 2003 werd onder leiding van Douglas Clowe onderzoek gedaan naar een object dat de “Kogel-cluster” wordt genoemd, omdat het bestaat uit een kleinere cluster van melkwegstelsels die in botsing is met een groter exemplaar. (Zie afbeelding 3.) Wanneer de

mysterieuze missende massa werkelijk bestaat als materie, dan zijn de twee clusters oorspronkelijk opgebouwd uit drie componenten: sterrenstelsels, gas en donkere materie. Van de donkere materie en de sterrenstelsels verwacht men dat het tijdens een botsing niet noemenswaardig wisselwerkt. Donkere materie oefent namelijk alleen de uiterst zwakke zwaartekracht uit, en sterrenstelsels in clusters staan te ver uit elkaar om een grote kans op botsing te hebben. Het enige dat naar verwachting op elkaar moet knallen is het gas, waarin zich altijd het grootste gedeelte van de (normale, zichtbare) massa van een cluster bevindt. Met andere woorden: de melkwegstelsels en eventuele donkere materie van de twee clusters zouden tijdens de botsing door elkaar heen moeten zijn gevlogen, en nu op geruime afstand zijn van de twee klonten waterstofgas die in het midden tegen elkaar zijn blijven plakken.

De waarneming in afbeelding 3 toont aan dat dit inderdaad het geval is: de twee roze wolken in het midden van de afbeelding laten de röntgenwaarneming van het gebotste waterstofgas zien, terwijl de twee blauwe vlekken aan de buitenkant de plek representeren waar de meeste (donkere, onzichtbare) massa zich bevindt. Deze blauwe massaverdeling is gelokaliseerd door middel van de zojuist beschreven lenswerking van de zwaartekracht. Hierdoor weten we dat de locatie van deze wolken onzichtbare massa samenvalt met die van de niet-wisselwerkende melkwegstelsels, die maar een fractie van de massa van de cluster bezitten. Als donkere materie niet zou bestaan zou de meeste massa zich op de locatie van het gas moeten bevinden, omdat er in zwaartekrachttheorieën tot nu toe altijd is aangenomen dat de locatie van de grootste hoeveelheid massa moet samenvallen met de locatie van de grootste hoeveelheid materie. Door deze aanwijzing heeft MoND flink in populariteit ingeboet, en geloven de meeste astronomen nu dat donkere materie echt bestaat.



Afbeelding 3. De Kogel-cluster.Deze waarneming van de “Kogel0cluster” toont zowel sterrenstelsels (wit/geel), gas (roze) en mysterieuze wolken van onzichtbare massa (blauw) waargenomen door middel van de lenswerking van zwaartekracht. Door veel astronomen wordt deze waarneming beschouwd als een sterk bewijs voor het bestaan van donkere materie. Bron: NASA

MACHO’s en WIMPs

Maar zelfs binnen het donkere-materiekamp heerste tweedeling: bestaat de onzichtbare massa uit MACHO’s (Massive Compact Halo Objects) of WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles)? MACHO’s zijn massieve, compacte objecten die geen licht uitzenden, maar wel bestaan uit normale materie. Dit kunnen bijvoorbeeld zwarte gaten, neutronensterren, bruine dwergen of losgeslagen planeten zijn, die in een halo rondom een melkwegstelsel rondzweven. WIMPs daarentegen bestaan niet uit normale materie, maar zijn zwak-wisselwerkende deeltjes van een onbekend soort. Ze zenden geen licht uit en buigen het niet af, en wisselwerken (afgezien van de zwaartekracht) niet of zeer zwak met normale materie.

Door hun grote en compacte massa kunnen MACHO's binnen ons Melkwegstelsel makkelijk worden gezocht, door de effecten waar te nemen van hun gravitationele lenswerking op sterren. Wanneer zo'n zwaar object tussen de aarde en een ster beweegt, werkt de MACHO als een gravitatielens die als een soort kosmisch vergrootglas het waargenomen licht van de ster versterkt. Deze zoektocht, die door verschillende onderzoeksgroepen is ondernomen, wijst echter uit dat er te weinig MACHO's zijn om een significante fractie van de missende massa in ons Melkwegstelsel te verklaren. Hiermee zijn MACHO's grotendeels uitgesloten als oplossing voor het probleem van de missende massa.

Na dit resultaat zijn veel astronomen zich gaan concentreren op elementaire deeltjes, waaronder WIMPs, als de belangrijkste kandidaten voor donkere materie. Vanwege hun veel kleinere massa en formaat is het detecteren van deze deeltjes echter een stuk lastiger. Gelukkig moeten, om te verklaren hoe donkere materie in het begin van het universum uit normale materie is ontstaan, donkere en normale materie echter in elkaar omgezet kunnen worden. Donkere en normale materie zouden in theorie dus met elkaar moeten wisselwerken. De voorspelde interactie tussen normale en donkere materie is echter zeer zwak, waardoor de zoektocht naar WIMPs en andere kandidaat-deeltjes, die op verschillende manieren wordt ondernomen, nog altijd voortduurt. Op verschillende facetten van deze zoektocht concentreren we ons in het komende artikel van dit dossier. De kans bestaat dat je zelf tegen die tijd alweer door miljarden deeltjes van donkere materie bent doorklieftdoorkliefd, zonder daar ook maar iets van te merken.

Het volgende artikel in dit dossier verschijnt op vrijdag 1 april.