



■ Donkere materie Zoeken, maar waarnaar?

Joep Engels

Het grootste deel van de materie in de ruimte is onvindbaar. Al 75 jaar speuren sterrenkundigen tevergeefs naar deze mysterieuze, zogeheten donkere materie, maar recente waarnemingen lijken het bewijs te leveren. Sommigen houden vast aan het alternatief: de theorie moet op de schop.

Nog even wachten, maar dan gaat Alexander Ignatiev zijn gelijk bewijzen. Over een paar maanden, op 23 september, staat de aarde precies goed. Op die dag gaat de zon door het herfstpunt en heffen allerlei krachten in ons zonnestelsel, maar ook binnen de Melkweg, elkaar op zodat een ongekend scherpe blik op het heelal gegund wordt.

Dan kan Ignatiev laten zien dat onze theorie over de zwaartekracht niet deugt. Of het nu de wetten van Newton zijn of die van Einstein, aan beide ontbreekt iets waardoor ze de zwaartekracht niet goed in kaart brengen. Op grote afstanden speelt een extra kracht een rol en die wil Ignatiev op 23 september gaan meten.

Nou ja, in principe. De Australische fysicus heeft berekend dat de aarde elke keer als ze door het lente- of herfstpunt gaat, een heel klein sprongetje maakt zonder dat Newton of Einstein er een kracht voor leveren. Het stelt niet veel voor: het duurt nog geen halve milliseconde en daarin springt de aarde 20 miljoenste van een miljardste millimeter ver.



In theorie is dat misschien nog wel te meten, maar de praktijk is anders. De kracht is slechts op twee plaatsen op aarde waarneembaar, in de buurt van de beide polen. Wie er een paar centimeter naast zit met zijn apparatuur, meet niets. Bovendien hoeft er op het moment suprême maar een ijsschots af te breken en alle meters slaan op tilt.

Het zal dus wel bij een gedachtenexperiment blijven. En toch heeft Ignatiev een punt. In het grote heelal gaat er iets mis met onze beschrijving van de zwaartekracht. Daar was de beroemde Nederlandse sterrenkundige Jan Hendrik Oort in 1932 al achter. Oort had de bewegingen van sterren in de buurt van de zon in kaart gebracht en ontdekte dat ze harder aan elkaar trokken dan hij op grond van de wetten van de zwaartekracht moest aannemen.

Er waren twee uitwegen: die wetten deugden niet, of onzichtbare massa's trokken mee. Terwijl Ignatiev heilig gelooft in de eerste optie, koos Oort destijds voor de tweede. Hoewel zijn berekeningen niet helemaal bleken te kloppen, heeft hij vijftien jaar na zijn dood nog steeds de meerderheid van de sterrenkundigen aan zijn zijde. Er moet volgens hen in het heelal een heel ander soort materie zijn dan wij kennen: donkere materie die onzichtbaar is, nauwelijks interactie heeft met gewone materie, maar wel zwaartekracht genereert.

De bewijzen stapelen zich op. Het is niet alleen bij de dynamiek binnen sterrenstelsels waar onzichtbare krachten werken. Ook het krachtenspel tussen zo'n stelsel en de gaswolk eromheen onttrekt zich grotendeels aan het oog. De zwaartekracht perst dat geheel samen, terwijl de hitte het wil laten uitzetten. Daar wordt een evenwicht bereikt, maar als je eraan gaat rekenen, kom je opnieuw krachten tekort.

„Telkens gaat het om een factor zes à tien die je tekortkomt“, zegt Koen Kuijken, hoogleraar sterrenkunde aan de Universiteit Leiden. „Ook als je het ontstaan van het heelal bestudeert, ontdek je dat zo'n zelfde deel van de materie niet zichtbaar is. Bij al die methodes kun je vraagtekens plaatsen, maar omdat ze naar dezelfde conclusie leiden, zou het heel vreemd zijn als ze er allemaal naast zaten.“

Al die aanwijzingen bewijzen nog niet dat het heelal verzeefd is van donkere materie. Je kunt ook blijven volhouden dat de wetten van Newton en Einstein moeten worden aangepast. Veel wetenschappers, zoals Ignatiev, doen dat ook, maar dit kamp kreeg vorig jaar een fikse tegenslag door een studie aan het Bullet Cluster.

Dit cluster bestaat eigenlijk uit twee clusters van sterrenstelsels die op elkaar botsen. Hoewel, botsen is een groot woord. De subclusters zijn al vele miljoenen jaren bezig elkaars pad te kruisen. Maar waar het hier om gaat is dat vorig jaar werd ontdekt dat de twee clusters elkaar nauwelijks raken. De meeste massa is het 'trefpunt' ongehinderd gepasseerd.



„Als de ruimte tussen de sterren alleen maar gevuld was met een ij gas van gewone materie, zou je verwachten dat in het midden een pannekoek van botsmateriaal achterbleef“, zegt Kuijken. „Gewone materie botst en valt stil. Donkere materie wekt alleen zwaartekracht op maar heeft nauwelijks wisselwerking met andere



materie.”

Met een aangepaste zwaartekrachttheorie zijn de waarnemingen aan het Bullet Cluster moeilijk te verklaren. De aanhangers zijn op achterstand gezet, maar de race is nog lang niet gelopen. Ook de donkere materie laat enkele, niet onbelangrijke vragen open. Niemand weet bijvoorbeeld wat het is.

Dat is erg frustrerend, erkent Kuijken. „We weten dat de donkere materie overal moet zijn. Ook hier, ook wij worden voortdurend doorboord door onzichtbare deeltjes. Maar we hebben er nog nooit een gedetecteerd.”

En de marges beginnen smal te worden. Er zijn allerlei suggesties voor mogelijke donkere materie deeltjes, maar die zijn ofwel nooit gevonden (zoals de WIMPs, weakly interacting massive particles), ofwel ze zijn met te weinig om het materiegat te vullen (zoals de neutrino's), ofwel ze zijn hoogst speculatief (zoals de supersymmetrische deeltjes). Kuijken: „Ook voor sterrenkundigen is dit zeer oncomfortabel. We zouden graag zo'n deeltje ontdekken en de fysica ervan doorgronden. Maar dan moeten we wel wat vinden.”

Zo lang die zoektocht voortduurt, houdt zijn collega Bob Sanders van de Rijksuniversiteit Groningen vast aan die andere optie: een aangepaste Newton of Einstein. „Als we een theorie hebben die onzichtbare en onvindbare massa vereist, is het niet onredelijk die theorie zelf ter discussie te stellen.”

En zo slecht gaat het met die aangepaste Newton ook niet. Oorspronkelijk was de aanpassing – MOND (modified Newtonian dynamics) – puur opportunistisch van aard; een extra term in de formule waarmee de geheime krachten werden beschreven zonder dat er een fysische verklaring aan ten grondslag lag. Maar MOND bleek ook voorspellende waarde te hebben. Sanders: „Uit MOND rolt een relatie tussen de oppervlakte en de helderheid van sterrenstelsels. Die relatie is ook waargenomen. Hoewel we nog niet begrijpen wat die aanpassing betekent, is MOND daarmee wel een succesvolle theorie.”

Kuijken uit Leiden volgt het werk van Sanders met interesse, maar wijst op twee grote problemen met MOND. Het Bullet Cluster en Einsteins algemene relativiteitstheorie. Kuijken: „MOND klopt niet met Einstein. Deze theorie is dus niet compleet want ze geeft geen beschrijving van de kosmos.”

Dat begrijpt het kamp van Sanders ook wel. Men heeft geprobeerd de aanpassingen uit MOND over te zetten naar de algemene relativiteitstheorie, maar fraaier werd het daar niet op. „De theorie van Einstein is een toonbeeld van eenvoud en schoonheid. Door de aanpassingen krijgt zijn zwaartekrachtveld er dan twee termen bij. Veel mensen vinden dat niet prettig, maar het voldoet wel. Tenzij je schoonheid ook als criterium voor een goede theorie gebruikt.” Ook het Bullet Cluster vindt Sanders minder problematisch. „Wij hebben voor de verklaring van die waarnemingen ook onzichtbare materie nodig. Sommigen vinden dat heel vervelend, maar het is niet zo veel. Bij ons gaat het niet om een factor zes à tien, maar om een factor twee à drie.”

Dat gat is volgens Sanders misschien wel met bekende materie te vullen. „We weten dat ook een groot deel van de gewone materie niet zichtbaar is. En wellicht blijken de neutrino's wel genoeg massa te hebben om dit tekort aan te vullen”, suggereert hij.

Het zijn spannende tijden, zegt de geboren Amerikaan. „Hier ligt een front van de wetenschap. Het is een botsing van ideeën en lang niet alles ligt al vast. Veel onderzoekers hebben jaren aan de donkere materie gewerkt. Ze hebben van alles geprobeerd en ondanks dat ze nog niets gevonden hebben, zullen ze hun idee niet snel opgeven. Jonge mensen staan hier veel opener in. Van hen zal de doorbraak moeten komen.”

Donkere energie

Volgens de zwaartekrachtwet van Isaac Newton trekken twee hemellichamen aan elkaar met een kracht die evenredig is met hun beider massa's en kleiner wordt naarmate hun onderlinge afstand groter is. Nu sterrenkundigen krachten waarnemen die groter zijn dan Newton voorspelt, resten hen twee opties: ze introduceren extra onzichtbare massa (donkere materie) die meedoet aan het krachtenspel, of ze breiden de wet van Newton uit met een extra term die alleen op heel grote, kosmische afstanden relevant wordt.

Inmiddels heeft Newton plaats moeten maken voor de algemene relativiteitstheorie van Einstein. Die theorie beschrijft de zwaartekracht wezenlijk anders maar voor bovengenoemde aanpassingen maakt het niet echt uit.

Donkere energie

De donkere materie is niet het enige raadsel waar de sterrenkunde nog geen antwoord op heeft. Volgens de laatste inzichten moet er een kracht zijn die het heelal versneld laat uitdijen: de donkere energie.

Aan de hand van de kosmische achtergrondstraling, zeg maar het nagloei-effect van de Oerknal, reconstrueerden astronomen een paar jaar geleden dat 4 procent van het heelal uit bekende materie bestaat; 22 procent is donkere materie en 74 procent donkere energie.

Het is een soort negatieve zwaartekracht, wordt ook wel de kosmologische constante genoemd, maar zodra fysici eraan gaan rekenen, zitten ze er een factor tien tot de macht dertig (een 1 met 30 nullen) naast. Professor Kuijken uit Leiden: „Het zou heel mooi zijn als een elegante oplossing voor de donkere materie ook de donkere energie zou tackelen, maar voor hetzelfde geld zitten de oplossingen in twee verschillende uithoeken van de fysica.”

