De kosmos in kaart gebracht

Ons beeld van het universum is in de loop van de geschiedenis telkens weer aangepast. Hoe zag het heelal er honderd jaar geleden uit? Wat is de meest up-to-date kaart van de kosmos? Waarom duurt het vaak zo lang voordat radicaal nieuwe ideeën over het universum worden geaccepteerd? Dit zijn de vragen die astronome Priya Natarajan behandelt in haar boek “Mapping the Heavens: The Radical Scientific Ideas That Reveal the Cosmos”. Deze week presenteerde ze haar boek bij Athenaeum in Amsterdam.

Als sinds de vroege beschavingen proberen mensen de kosmos in kaart te brengen. Hoewel de hemel boven ons nauwelijks is veranderd in de afgelopen millennia, is ons beeld van het heelal meerdere malen radicaal omgegooid. Een bekend voorbeeld is hoe Copernicus het Ptolemeïsche wereldbeeld op zijn kop zette: hij stelde namelijk dat de aarde om de zon draait, in plaats van andersom. Een ander voorbeeld is Hubbles ontdekking in 1929 dat het heelal niet statisch is, maar juist uitdijt. (Inmiddels weten we zelfs dat het heelal *versneld* uitdijt!)

Deze drang om onze plaats in het universum te duiden, is wat de Indiase astronome Priyamvada Natarajan drijft in haar onderzoek. Ze is een zelfverklaard kosmische ontdekkingsreiziger. Natarajan is hoogleraar aan Yale University in de Verenigde Staten, en doet onderzoek naar het in kaart brengen van donkere materie en het ontstaan van zwarte gaten. Hieronder verkennen we radicale vernieuwingen binnen de kosmologie aan de hand van Natarajans onderzoek.

Afbeelding 1. Priyamvada Natarajan.Natarajan is hoogleraar astronomie aan Yale University in de Verenigde Staten. Ze doet onderzoek naar het in kaart brengen van donkere materie en het ontstaan van zwarte gaten. Foto: Gabe Miller.

Radicale ideeën in de kosmologie

Het volgende citaat uit *The Logic of Scientific Discovery* (p. 280) van de filosoof Karl Popper vormt het motto van Natarajans boek:

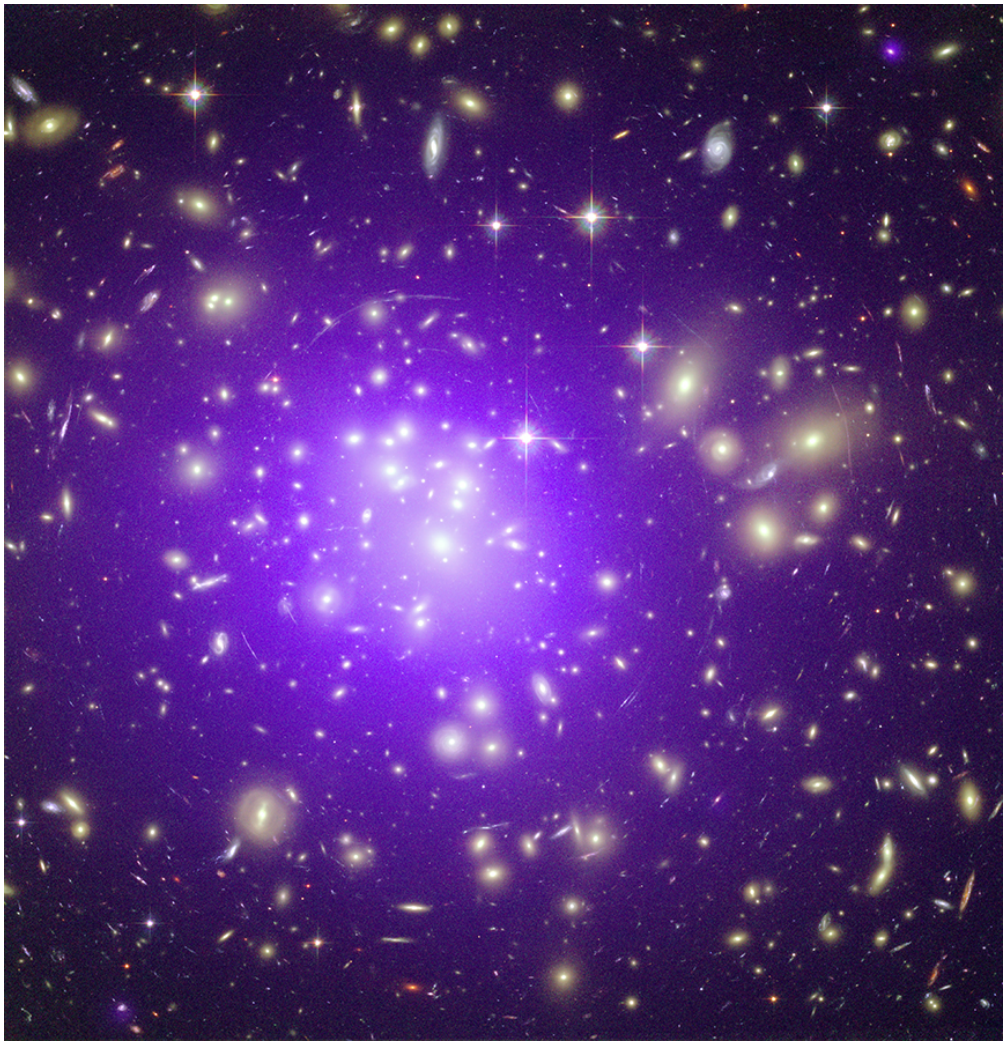
> Bold ideas, unjustified anticipations, and speculative thought, are our only means for interpreting nature: our only organon, our only instrument, for grasping her. And we must hazard them to win our prize. Those among us who are unwilling to expose their ideas to the hazard of refutation do not take part in the scientific game.

Popper stelt zichzelf voorafgaand aan deze passage de vraag: Waarom wordt er vooruitgang geboekt in de wetenschap? Je zou denken: door het verzamelen van nieuwe waarnemingen.

Of: door het ordenen van al bestaande waarnemingen. Popper vindt dit echter een te simplistisch beeld van wetenschap. Waarnemingen leiden op zichzelf niet tot nieuwe theorieën of tot een beter begrip van de natuur. Poppers antwoord luidt dan ook: door gewaagde uitspraken te doen, en die vervolgens proberen te weerleggen aan de hand van experimenten. Als een speculatief idee stand houdt, ondanks alle pogingen tot het ontkrachten ervan, dan spreken we van wetenschappelijke vooruitgang.

Natarajan past dit beeld van wetenschap in haar boek toe op de kosmologie. Ze beschrijft hoe radicale ideeën in de kosmologie tot stand komen, worden getest, betwist, en vervolgens worden verworpen of geaccepteerd. Het proces van het ontstaan van nieuwe theorieën tot de acceptatie daarvan is volgens de astronome echter geen linear proces. Sommige ideeën hebben een lange incubatietijd nodig, en moeten meerdere malen worden herontdekt voordat ze tot het ‘standaardmodel’ worden gerekend. Persoonlijke rivaliteiten en drang naar roem – de ambitie van wetenschappers – hebben ontdekkingen zowel in de weg gestaan, als vooruit gebracht. Meer dan Popper benadrukt Natarajan dus de menselijke kant van wetenschap.

Het zal je niet verbazen dat de meest interessante wetenschappelijke ideeën volgens Natarajan gaan over kaarten, in het bijzonder het in kaart brengen van de kosmos. Hieronder worden twee voorbeelden uit haar eigen onderzoek uitgelicht: ten eerste donkere materie, en ten tweede zwarte gaten. In beide gevallen duurde het decennia voordat de ideeën breed werden geaccepteerd.



Afbeelding 2. Donkere materie in de Coma Cluster.De donkere materie is hier weergegeven in het paars in de Coma Cluster. Fritz Zwicky (1898-1974) was de eerste die vermoedde dat er donkere materie aanzwezig is in deze cluster. Bron: X-ray: NASA/CXC/MIT/E.-H Peng et al; Optical: NASA/STScI

Donkere materie

Het probleem van de donkere materie is ontdekt dankzij astronomische waarnemingen. Waarnemingen in sterrenstelsels en clusters wijzen erop dat er een extra zwaartekrachtcomponent is, die niet kan worden verklaard door de materie die we kunnen zien. Daaruit concluderen astronomen dat er een onzichtbare hoeveelheid extra materie is: donkere materie. Een van de eerste wetenschappers die dit suggereerde was Fritz Zwicky in 1933. Hij onderzocht de bewegingen van sterrenstelsels in de Coma cluster, en vond dat deze veel sneller waren dan voorspeld op basis van de zwaartekracht van de zichtbare sterren.

Het werk van Zwicky werd echter nagenoeg genegeerd door andere wetenschappers. Dit wordt deels toegeschreven aan de moeilijke persoonlijkheid van Zwicky. Pas in de jaren zeventig werd het idee van donkere materie herontdekt om een probleem op een totaal andere schaal te verklaren: de snelheden van sterren binnen sterrenstelsels. Vera Rubin en Kent Ford onderzochten de rotatiesnelheid van sterren, en vonden dat deze veel groter was dan verwacht op basis van de zichtbare materie en het gas in het sterrenstelsel. Zij maakten echter nog niet de link met Zwicky's werk. Het duurde nog tien jaar voordat de connectie tussen donkere materie in sterrenstelsels en clusters werd gemaakt, en donkere materie als probleem breed werd geaccepteerd.

Zwarte gaten

Het idee van een zwart gat heeft ook een lange weg afgelegd voordat wetenschappers zeker wisten dat het bestond. In tegenstelling tot donkere materie, begon dit idee met een theoretische constructie. De (indirecte) waarnemingen volgden later. Tegenwoordig weten we dat zwarte gaten voorkomen in het centrum van vele sterrenstelsels, maar dit was decennialang – of eigenlijk eeuwenlang – onzeker. Dit komt uiteraard voor een deel omdat de instrumenten om zwarte gaten (indirect) waar te nemen nog niet waren uitgevonden.

In 1783 stelde de Engelsman John Michell zich een *zwarte ster* voor, een ster waar licht niet aan kon ontsnappen. Hij redeneerde als volgt: hoe zwaarder een ster, des te sterker is de zwaartekracht. Dus misschien bestaan er wel extreem zware sterren die licht zo sterk afbuigen dat ze onzichtbaar worden. Michell was niet de enige; ook de Fransman Pierre-Simon Laplace kwam met een soortgelijk concept in 1796. Beide ideeën waren gebaseerd op Newtons theorie van licht, die zegt dat licht uit deeltjes bestaat. De ideeën zijn dus ook Newtoniaanse voorlopers van het zwarte gat zoals wij dat kennen. Toen Newtons theorie uit de gratie raakte, verdween ook de aandacht voor de zwarte ster.

Door de ontwikkeling van Einsteins algemene relativiteitstheorie werd het idee van een zwart gat 'herontdekt' in 1915. De Duitser Karl Schwarzschild ontdekte een exacte oplossing van Einsteins theorie, die een zwart gat bleek te beschrijven. Schwarzschilds oplossing werd echter niet meteen op waarde geschat: het zwarte gat werd eerder als een wiskundige curiositeit beschouwd, dan als een écht object. Dat komt door de vreemde eigenschappen van de oplossing: de singulariteit en de waarnemingshorizon van een zwart gat.

Het idee van een zwarte gat werd verder ontwikkeld door beroemde theoretische natuurkundigen, zoals Chandrasekhar, Kerr, Newman, Hawking, Bekenstein, Penrose en vele anderen. De interesse van astronomen voor zwarte gaten onstond, gek genoeg, toen neutronensterren werden ontdekt aan het eind van de jaren zestig. Een neutronenster is net als een zwart gat een compact object. Aangezien er neutronensterren waren gezien, was het niet ondenkbaar dat hun neven, zwarte gaten, ook bestonden.

Conclusie

We hebben gezien dat donkere materie en zwarte gaten in verschillende vormen en ook meerdere keren zijn herontdekt. Het ontstaan van nieuwe theorieën en de acceptatie daarvan zijn onderdelen van een langdurig proces dat niet altijd even logisch is. Een proces dat wordt gekenmerkt door toevaligheden en persoonlijke meningen van wetenschappers. Uiteindelijk hebben de waarnemingen echter altijd het laatste woord, en het zal blijken of deze radicale ideeën de tand des tijds kunnen doorstaan.

Referentie

P. Natarajan, *Mapping the Heavens: The Radical Scientific Ideas That Reveal the Cosmos*, Yale University Press, 2016.

Video 1. TEDx lezing van Prof. Natarajan uit 2012.

Titel: Unraveling the Dark Side of the Universe.