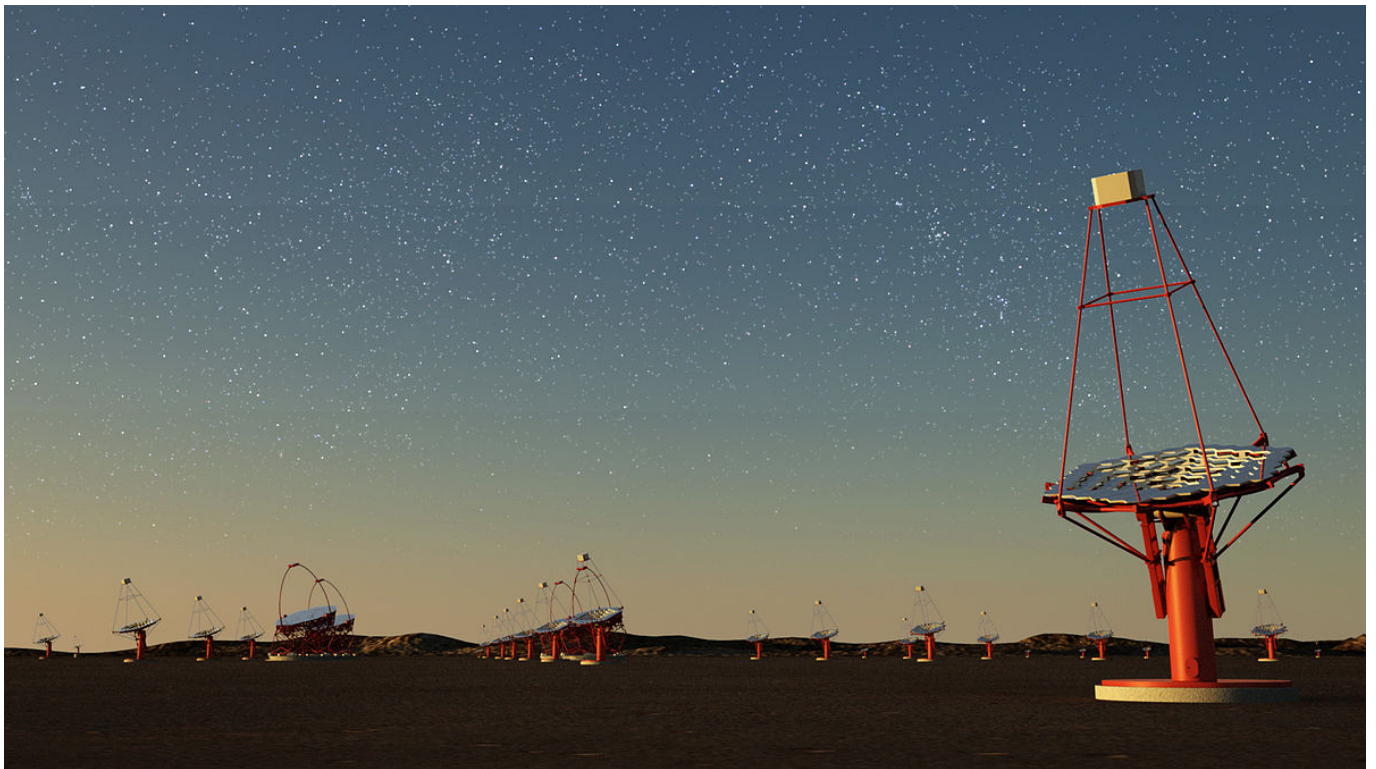


Op zoek naar donkere materie

Misschien is het wel een van de grootste mysteries binnen de natuurkunde: donkere materie. Wat is het? Hoe kunnen we het meten? Bestaat donkere materie echt? Met het onderzoek dat bachelorstudenten Bram van der Linden en Sill Verberne samen met tien medestudenten deden, onder leiding van natuurkundigen Shin'ichiro Ando, Bardley Kavanagh en Oscar Macias, hopen ze een nieuwe stap gezet te hebben om tot antwoorden te komen.

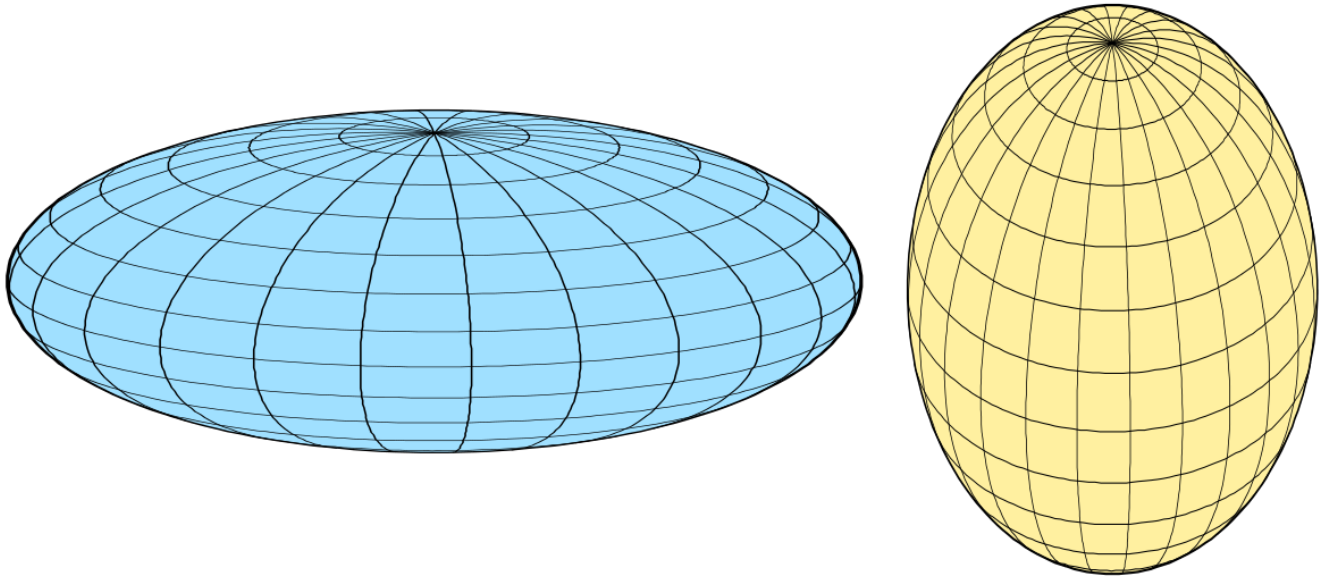


Afbeelding 1. Het Cherenkov Telescope Array. Het CTA neemt Cherenkovstraling waar, en kan daarmee een belangrijke bijdrage leveren aan het testen van de voorspellingen van dit onderzoek. Afbeelding: [G. Pérez, IAC](#).

Donkere materie houdt de natuurkundige gemeenschap al tientallen jaren bezig. In 1933 bestudeerde de Zwitserse natuur- en sterrenkundige Fritz Zwicky een cluster van sterrenstelsels. Een voorbeeld van zo'n sterrenstelsel is de Melkweg: het stelsel waarin de zon en vele andere sterren zich bevinden. De objecten in een sterrenstelsel zijn door zwaartekracht gebonden. Als verschillende sterrenstelsels ook weer aan elkaar gebonden

zijn, noemen we dat een cluster. Zo'n cluster onderzocht Fritz Zwicky. Hij schatte de massa van de cluster op twee manieren. Uit de beweging van sterrenstelsels berekende hij de massa die nodig is om de stelsels bij elkaar te houden. Tevens keek hij naar de helderheid van de stelsels, waaruit hij ook de massa af kon leiden. Je zou verwachten dat beide manieren dezelfde totale massa op zouden leveren. Niets is echter minder waar; de massa die volgde uit de helderheid was beduidend kleiner dan de benodigde massa om de stelsels bij elkaar te houden. Daarom stelde hij voor dat er donkere materie moest zijn; materie die we niet waar kunnen nemen en die ervoor zorgt dat de stelsels inderdaad gebonden zijn. Andere waarnemingen ondersteunen deze hypothese, maar tot op heden ontbreekt sluitend bewijs.

Omdat we donkere materie (nog) niet direct kunnen meten, blijft onduidelijk waar het mogelijk uit bestaat. Een mogelijkheid is dat donkere materie bestaat uit zogenaamde WIMP-deeltjes (*weakly interacting massive particles*). Verondersteld wordt dat de zwaartekracht tussen de WIMP-deeltjes en de overige deeltjes, die we wel waar kunnen nemen, een rol speelt. Verder is er geen enkele andere interactie met de overige deeltjes. Een reactie waarbij twee WIMP-deeltjes elkaar vernietigen en andere deeltjes worden gemaakt, is wel mogelijk. Deze geproduceerde deeltjes kunnen waargenomen worden en zijn vaak "gewone" deeltjes, bijvoorbeeld protonen en elektronen. Verder verwachten we dat deze reactie het makkelijkst te detecteren is in dwergstelsels. Zo'n sterrenstelsel ziet eruit als een *sferoïde*, een driedimensionale variant van een ellips. Als we de data van nieuwe en oude telescopen combineren, kunnen we deze dwergsterrenstelsels onderzoeken. Als we dat doen, kunnen we wellicht deeltjes detecteren die door de WIMP-deeltjes gemaakt worden. In dat geval hebben we nieuw bewijs voor het bestaan van donkere materie!



Afbeelding 2. Sferoïden. Veel dwergsterrenstelsels hebben de vorm van een sferoïde - een driedimensionale variant van een ellips. Afbeelding: [Tomruen](#).

Doordat er heel weinig normale materie, zoals sterren en gas, in dwergstelsels zit, zijn ze ook erg moeilijk om te vinden. Omdat deze dwergstelsels zulke goede plekken zijn om te zoeken naar donkere materie, is het van belang er toch zo veel mogelijk van te ontdekken. In 2022 wordt verwacht dat de Large Synoptic Survey Telescope (LSST) volledig in bedrijf gaat. Deze telescoop werd al in 2001 aangekondigd, waarna productie van de spiegel in 2007 begon en de eerste steen in 2015 werd gelegd. Deze telescoop moet een heel groot gedeelte van de zuidelijke hemel in kaart gaan brengen (bijna de helft van de totale hemel) met een veel hogere gevoeligheid dan zijn voorgangers. Gebaseerd op de verwachte gevoeligheid van de LSST hebben wij de verwachting kunnen opstellen dat de LSST, van de dwergstelsels die in het gezichtsvlak liggen, het grootste gedeelte dat in de buurt van de Melkweg ligt zal kunnen waarnemen. Van deze dwergstelsels is het merendeel tot op heden nog niet ontdekt.

Het idee is dat deze dwergstelsels vervolgens bestudeerd kunnen worden met behulp van de Fermi Large Area Telescope (LAT) en het Cherenkov Telescope Array (CTA). Fermi-LAT is een ruimtetelescoop die sinds 2008 bezig is in de ruimte heel hoogenergetisch licht waar te

nemen dat niet door de atmosfeer doorgelaten wordt. Dit licht kan geproduceerd worden bij de vernietiging van WIMP-deeltjes. CTA daarentegen moet nog gebouwd worden en verwacht wordt dat dit observatorium pas in 2025 helemaal klaar is. CTA is een verzameling van verschillende telescopen die vanaf het aardoppervlak zoeken naar “deeltjesregens” die veroorzaakt worden door hoogenergetisch licht dat interactie heeft met de atmosfeer. Deze deeltjesregens zijn een soort kettingreactie van deeltjes die ontstaan na de eerste interactie met de atmosfeer. Alhoewel niets sneller kan reizen dan licht in een vacuüm, wordt licht wel afgeremd als het door de atmosfeer gaat. De deeltjes die gecreëerd worden in de deeltjesregen kunnen daardoor sneller gaan dan het licht zich door de atmosfeer voort kan planten. Dit produceert een flits Cherenkovstraling – zie over die straling ook het [artikel dat Damian van de Heisteege twee weken geleden schreef](#). Deze straling, alhoewel te zwak voor het blote oog, kan vervolgens gemeten worden door CTA.



Afbeelding 3. Een deeltjesregen. Als een eerste hoogenergetisch deeltje de atmosfeer binnenkomt ontstaat door een kettingreactie een regen van deeltjes, waarbij ook Cherenkovstraling vrijkomt. Die straling kan door CTA waargenomen worden. Afbeelding: [CERN](#).

Met behulp van alle gegevens die deze telescopen verzamelen, kan worden nagegaan of we

de eerdergenoemde onderlinge vernietiging tussen twee WIMP-deeltjes kunnen zien. Het valt moeilijk te voorspellen of we dit ook daadwerkelijk gaan zien, omdat er nog heel erg veel onzekerheid is rondom donkere materie. Het is echter wel zo dat, zelfs als er géén donkere materie te zien blijkt te zijn, we hier waardevolle informatie uit kunnen halen. De reden hiervoor is dat we voorspeld hebben wat de kleinst mogelijke onderlinge interactie is tussen deze WIMP-deeltjes als we die wél zouden kunnen waarnemen. Mochten we dus niets waarnemen, dan weten we zeker dat, als donkere materie uit deze WIMP-deeltjes bestaat, ze minder interactie hebben dan verwacht. Deze opgedane kennis zou vervolgens weer bij kunnen dragen aan de zoektocht naar waar donkere materie dan wel uit bestaat.

Publicatie en bronnen

Het onderzoek van de bachelorstudenten leidde tot een publicatie in het wetenschappelijke tijdschrift *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*:

- Ando et al., *Discovery prospects of dwarf spheroidal galaxies for indirect dark matter searches*. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, volume 2019, oktober 2019.

Meer informatie over de onderwerpen uit dit artikel is te vinden op de volgende websites:

- <https://medium.com/starts-with-a-bang/five-reasons-we-think-dark-matter-exists-a122bd606ba8>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Dark_matter
- <https://www.nature.com/articles/d41586-019-02603-7>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy_cluster
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy>
- [https://nl.wikipedia.org/wiki/Melkweg_\(sterrenstelsel\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Melkweg_(sterrenstelsel))
- https://nl.wikipedia.org/wiki/Weakly_interacting_massive_particle
- <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2019/02/22/the-wimp-miracle-is-dead-as-dark-matter-experiments-come-up-empty-again/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Dwarf_spheroidal_galaxy
- <https://nl.wikipedia.org/wiki/Sfero%C3%AFde>