

2019/04/15

Asteroïden helpen wetenschappers om de diameters van verre sterren te meten.

*Nieuwe techniek verdubbelt de resolutie van hoekgroottemetingen*

Door gebruik te maken van de unieke mogelijkheden van telescopen die gespecialiseerd zijn in kosmische gammastralen, hebben wetenschappers de kleinste schijnbare grootte van een ster aan de nachtelijke hemel tot nu toe gemeten. De metingen met het Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System (VERITAS) onthullen de diameters van een reusachtige ster op 2674 lichtjaren afstand en van een zonachtige ster op een afstand van 700 lichtjaren. De studie stelt een nieuwe methode voor waarmee astronomen de grootte van sterren kunnen bepalen, zoals het internationale team onder leiding van Tarek Hassan van DESY en Michael Daniel van het Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) rapporteert in het tijdschrift Nature Astronomy.



Wanneer een asteroïde voor een ster langsgaat, kan het resulterende diffractiepatroon (hier sterk overdreven) de hoekgrootte van de ster onthullen. Credit: DESY, Lucid Berlin

Bijna elke ster aan de hemel is te ver weg om zelfs met de beste optische telescopen te worden opgelost. Om deze beperking te overwinnen, gebruikten de wetenschappers een optisch fenomeen dat diffractie wordt genoemd om de diameter van de ster te meten. Dit effect illustreert de golfkarakteristiek van licht en treedt op wanneer een voorwerp, zoals een asteroïde uit ons eigen zonnestelsel, voor een ster langsgaat. "De ongelooflijk zwakke schaduwen van asteroïden passeren ons elke dag", legt Hassan uit. "Maar de rand van hun schaduw is niet perfect scherp. In plaats daarvan omringen rimpels van licht de centrale schaduw, zoals rimpelingen van water. Dit is een algemeen optisch fenomeen dat een diffractiepatroon wordt genoemd en kan in elk schoollaboratorium worden gereproduceerd met een laser die een scherpe rand raakt.

De onderzoekers gebruikten het feit dat de vorm van het patroon de hoekgrootte van de lichtbron kan onthullen. Anders dan in het schoollaboratorium is het

diffractionpatroon van een ster die door een asteroïde wordt afgedekt echter moeilijk te meten. "Deze bedekkingen door asteroïden zijn moeilijk te voorspellen", aldus Daniel. "En de enige kans om het diffractionpatroon te vangen is om zeer snelle snapshots te maken als de schaduw over de telescoop beweegt. Astronomen hebben op deze manier de hoekgrootte gemeten van sterren die door de maan werden afgedekt. Deze methode werkt tot op een hoekdiameter van ongeveer één milliseconde, wat ongeveer de schijnbare grootte is van een muntstuk van twee cent bovenop de Eiffeltoren in Parijs, gezien vanuit New York.

Maar niet veel sterren aan de hemel zijn zo "groot". Om nog kleinere hoekige diameters op te lossen, heeft het team Cherenkov-telescopen ingezet. Deze instrumenten kijken normaal gesproken uit voor de extreem korte en zwakke blauwachtige gloed die hoogenergetische deeltjes en gammastralen uit de kosmos produceren wanneer ze door de atmosfeer van de aarde razen. Cherenkov-telescopen produceren niet de beste optische beelden. Maar dankzij hun grote spiegeloppervlak, meestal gesegmenteerd in zeshoeken als een vliegenoog, zijn ze uiterst gevoelig voor snelle variaties van licht, inclusief sterlicht.

Met behulp van de vier grote VERITAS-telescopen van het Fred Lawrence Whipple Observatory in Arizona kon het team duidelijk het diffractionpatroon van de ster TYC 5517-227-1 detecteren, die op 22 februari 2018 door de 60 kilometer grote asteroïde Imprinetta was bedekt. De VERITAS-telescopen lieten toe om 300 momentopnamen per seconde te maken. Aan de hand van deze gegevens kon het helderheidsprofiel van het diffractionpatroon met grote nauwkeurigheid worden gereconstrueerd, wat resulteerde in schijnbare diameter van de ster van 0,125 milliboogseconden. Bij een afstand van 2674 lichtjaren betekent dit dat de werkelijke diameter van de ster elf keer zo groot is als die van onze zon. Interessant is dat dit resultaat de ster waarvan de klasse voorheen twijfelachtig was, categoriseert als een rode reus.

De onderzoekers herhaalden de prestatie drie maanden later, op 22 mei 2018, toen de asteroïde Penelope met een diameter van 88 kilometer de ster TYC 278-748-1 bedekte. De metingen resulteerden in een hoekgrootte van 0,094 milliboogseconden en een ware diameter van 2,17 maal die van onze zon. Dit keer kon het team de diameter vergelijken met een eerdere schatting op basis van andere kenmerken van de ster die zijn diameter op 2.173 maal de zonnediameter had geplaatst - een uitstekende overeenkomst, hoewel de eerdere schatting niet gebaseerd was op een directe meting.

"Dit is de kleinste hoekgrootte van een ster die ooit direct gemeten is", benadrukt Daniel. "Het profileren van bedekkingen van sterren door asteroïden met Cherenkov-telescopen levert een tien keer betere resolutie op dan de standaardmethode voor bedekkingen door de Maan. Bovendien is het minstens twee keer zo scherp als de beschikbare interferometrische metingen.". De onzekerheid van deze metingen is ongeveer tien procent, zoals de auteurs schrijven. "We verwachten dat dit aanzienlijk kan worden verbeterd door de opstelling te optimaliseren, bijvoorbeeld door de golflengte van de opgenomen kleuren te verkleinen", aldus Daniel. Omdat de verschillende golflengtes verschillend worden gedifferentieerd, wordt het patroon uitgesmeerd als er te veel kleuren tegelijk worden opgenomen.

"Onze pilotstudie stelt een nieuwe methode vast om de ware diameter van sterren te bepalen", vat Hassan samen. De wetenschappers schatten dat geschikte telescopen meer dan één asteroïdeafdekking per week kunnen bekijken. "Omdat dezelfde ster kleiner lijkt naarmate hij verder weg staat, betekent het verplaatsen naar kleinere hoekdiameters ook een uitbreiding van het waarnemingsgebied," legt Hassan uit. "We schatten dat onze methode sterren tot tien keer zo ver weg kan analyseren als de standaard occultatiemethode voor de maan toestaat. Al bij al kan de techniek voldoende gegevens opleveren voor populatieonderzoek." Het Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, de Universiteit van Californië in Los Angeles en Santa Cruz, de Columbia University in New York, de Universiteit van Potsdam, de Iowa State University, de Purdue University, de Universiteit van Minnesota, de California State University, de National University of Ireland in Galway en de McGill University in Montreal, de Universiteit van Delaware, de Universiteit van Iowa, de Universiteit van Utah, de DePauw Universiteit in Greencastle, het University College Dublin, de Universiteit van Wisconsin-Madison, het Cork Institute of Technology, de Universiteit van Alabama, de Universiteit van Chicago, de Universidad Complutense de Madrid, de Universiteit van Durham en DESY hebben bijgedragen aan dit onderzoek.

Referentie:

Direct measurement of stellar angular diameters by the VERITAS Cherenkov Telescopes; W. Benbow, R. Bird, A. Brill, R. Brose, A. J. Chromey, M. K. Daniel, Q. Feng, J. P. Finley, L. Fortson, A. Furniss, G. H. Gillanders, C. Giuri, O. Gueta, D. Hanna, J. Halpern, T. Hassan, J. Holder, G. Hughes, T. B. Humensky, A. M. Joyce, P. Kaaret, P. Kar, N. Kelley-Hoskins, M. Kertzman, D. Kieda, M. Krause, M. J. Lang, T. T.Y. Lin, G. Maier, N. Matthews, P. Moriarty, R. Mukherjee, D. Nieto, M. Nievas-Rosillo, S. O'Brien, R. A. Ong, N. Park, A. Petrashyk, M. Pohl, E. Pueschel, J. Quinn, K. Ragan, P. T. Reynolds, G. T. Richards, E. Roache, C. Rulten, I. Sadeh, M. Santander, G. H. Sembroski, K. Shahinyan, I. Sushch, S. P. Wakely, R. M. Wells, P. Wilcox, A. Wilhelm, D. A. Williams, T. J. Williamson; *Nature Astronomy*, 2019; DOI: 10.1038/s41550-019-0741-z