Een neutrino van een zwart gat

Astronomen hebben, pas voor de tweede keer ooit, een neutrino gekoppeld aan een object buiten onze Melkweg. De waarnemingen zijn gedaan met behulp van telescopen op zowel de aarde als in de ruimte. De onderzoekers konden het neutrino traceren naar een zwart gat dat een ster aan het verslinden is, een zogeheten *tidal disruption event*.

Bron: persbericht NOVA.



Afbeelding 1. Een neutrino van een zwart gat. Nadat het zwarte gat de ster heeft uiteengereten, is ongeveer de helft van het ster-restant terug geslingerd in de ruimte, terwijl de andere helft een gloeiende accretieschijf rond het zwarte gat vormt. Deze gebeurtenis is waargenomen van röntgen- tot radiogolflengten en met de detectie van één neutrino. Een krachtige ‘motor’ in het centrum van de schijf kan de neutrino- en radio-emissie verklaren. Afbeelding: DESY, Science Communication Lab.

Het heelal zit vol met zo goed als ongrijpbare neutrino’s. Deze ongeladen subatomaire

elementaire deeltjes hebben nauwelijks interactie met andere materie. Vooral de neutrino's met extreem hoge energie zijn interessant voor astrofysici.

Op basis van theoretische voorspellingen was er een vermoeden dat zogeheten 'tidal disruption events', waarbij een zwart gat een ster verslindt, al vroeg in hun evolutie – als ze op hun helderst zijn – hoge-energieneutrino's kunnen produceren in straalstromen of *jets*. Het eerste hoge-energieneutrino dat nu gekoppeld is aan een tidal disruption event laat echter een aantal verrassende eigenschappen zien. "Het neutrino lijkt niet te zijn geproduceerd zoals we hadden verwacht," zegt Robert Stein, promovendus aan de Humboldt University in Berlijn en eerste auteur van het recent verschenen artikel.

Het onderzoeksverhaal begint in april 2019, als een team onder leiding van de Leidse astronoom Sjoert van Velzen een nieuw tidal disruption event ontdekt met behulp van de Zwicky Transient Facility, een robotische camera op Palomar Observatory in Californië. De uitbarsting vond plaats op een afstand van 690 miljoen lichtjaar van de aarde in een sterrenstelsel dat bekend staat als 2MASX J20570298+1412165, in het sterrenbeeld Dolfijn.

Naast de optische waarnemingen werden ook meerdere ultraviolet- en röntgenbeelden gemaakt vanuit de ruimte, zowel met de Swift -telescoop als de XMM-Newton-satelliet. Tot slot werden ook radiotelescopen ingezet om het nieuwe event te bekijken: De Karl G. Jansky Very Large Array in New Mexico, VS, en MeerKAT in Zuid-Afrika.

De helderheid van de uitbarsting piekte in mei 2019, maar zonder dat er een *jet* – een gerichte stroom van uitgestoten deeltjes – verscheen. Op basis van theoretische voorspellingen leek deze nieuwe bron daarom geen goede neutrino-kandidaat. Toch ontdekte het IceCube Neutrino Observatory op het Amundsen-Scott South Pole Station in Antarctica vijf maanden later, op 1 oktober 2019, een hoge-energieneutrino, genaamd IC191001A, en traceerde die terug naar een afgebakend stuk aan de hemel waar precies het tidal disruption event plaatsvond. Het team berekende dat er een kans is van slechts 1 op 500 dat het neutrino vanwege zuiver toeval uit dezelfde richting als het tidal disruption event komt – veel waarschijnlijker is dus dat er tóch een verband bestaat. De vraag was vervolgens hoe het event neutrino's heeft kunnen produceren.

Voor het antwoord waren de waarnemingen met radiotelescopen essentieel. De emissie van

radiogolven bleef nog maandenlang stabiel, wat aantoont dat de versnelling van de deeltjes ook kan plaatsvinden nadat de helderheidspiek in zichtbaar licht al is uitgedoofd. Na een analyse van alle gegevens blijven er drie mogelijke locaties over voor de productie van neutrino's in tidal disruption events: in de buitendelen van de schijf (door botsingen met UV-licht), in de binnendelen (door botsingen met röntgenstraling), of in de uitstroom van deeltjes (door botsingen met andere deeltjes).

Welke verklaring de juiste is zal nog moeten blijken. Van Velzen heeft een voorkeur voor het model waarin het waargenomen neutrino zijn oorsprong vindt in het buitengebied van de schijf: "In dit deel is de dichtheid van UV-fotonen zo hoog dat het heel makkelijk is om neutrino's te produceren met de energie die we hebben waargenomen."

"De voorspelling dat neutrino's en tidal disruptions gerelateerd zouden kunnen zijn is pas een paar jaren geleden gedaan," aldus van Velzen. "Dat we het nu voor het eerst kunnen meten is natuurlijk ontzettend mooi. Met de detectie van slechts één neutrino komen we al veel meer te weten over wat er gebeurt wanneer een ster in een zwart gat valt."

Publicatie

A tidal disruption event coincident with a high-energy neutrino, Robert Stein, Sjoert van Velzen, Marek Kowalski, Anna Franckowiak et al., Nature Astronomy 2021.