Xenon1T: donkere materie of vervuiling?

Afgelopen woensdag presenteerden de wetenschappers van het Xenon1T-experiment hun nieuwste resultaten. De opstelling in Gran Sasso, Italië, waarmee men op zoek is naar donkere materie, lijkt iets gemeten te hebben. Maar… wat precies? Is dit een eerste teken van de donkere materie waar natuurkundigen al jaren naar op zoek zijn, gaat het eenvoudigweg om vervuiling in de detector, of is er sprake van andere interessante nieuwe natuurkunde?



Afbeelding 1. Het Xenon-experiment.De hal in Gran Sasso, Italië, waarin de Xenon-waarnemingen worden gedaan. Afbeelding: Xenon collaboration.

Donkere materie

De zoektocht naar donkere materie houdt natuurkundigen al decennialang bezig. Diverse

astronomische metingen lijken te wijzen op het bestaan van allerlei extra materie in het heelal; materie die we niet zien, maar die zich openbaart door de zwaartekracht die op andere objecten wordt uitgeoefend. De eerste aanwijzingen voor zulke materie werden al aan het begin van de 20e eeuw gevonden, en al decennialang zoekt men onvermoeibaar naar wát die materie dan kan zijn.

Eén ding is zeker: het gaat niet om alledaagse materie zoals gewone atomen of de deeltjes waaruit zulke atomen bestaan: zulke materie zouden we ook op andere manieren moeten kunnen waarnemen. Een waarchijnlijker verklaring is dat de donkere materie bestaat uit een nog niet ontdekt soort deeltje: deeltjes die maar heel weinig interactie met andere deeltjes hebben, en zich dus eigenlijk alleen door hun zwaartekracht aan ons tonen. De hoop is dat dergelijke deeltjes toch sóms een interactie met gewone materie hebben, en dat we ze op die manier kunnen ontdekken. Op dat idee zijn ook de experimenten in Gran Sasso gebaseerd: met meet met heel gevoelige apparatuur wat er gebeurt in grote vaten vloeibaar xenon. Als de donkere-materiedeeltjes uit het heelal zo nu en dan interactie hebben met het xenon in zo'n vat, kan er een klein lichtflitsje gemeten worden. Zien we genoeg van die lichtflitsjes, dan is dat een sterke aanwijzing voor het bestaan van donkere materie.

Overigens zijn niet alle natuurkundigen het erover eens dat de donkere materie waarnaar gezocht wordt echt bestaat. Een andere mogelijkheid is dat we op astronomische schaal nog niet goed genoeg begrijpen hoe de zwaartekracht werkt – dat de afwijkingen die in het heelal worden waargenomen geen gevolg zijn van extra materie, maar van zwaartekrachtwetten die nét iets anders zijn dan we dachten. Ook naar deze mogelijkheid wordt tegenwoordig uitgebreid onderzoek gedaan. Het is een spannende race; wie zal als eerste iets ontdekken en wat zal uiteindelijk de juiste verklaring blijken?



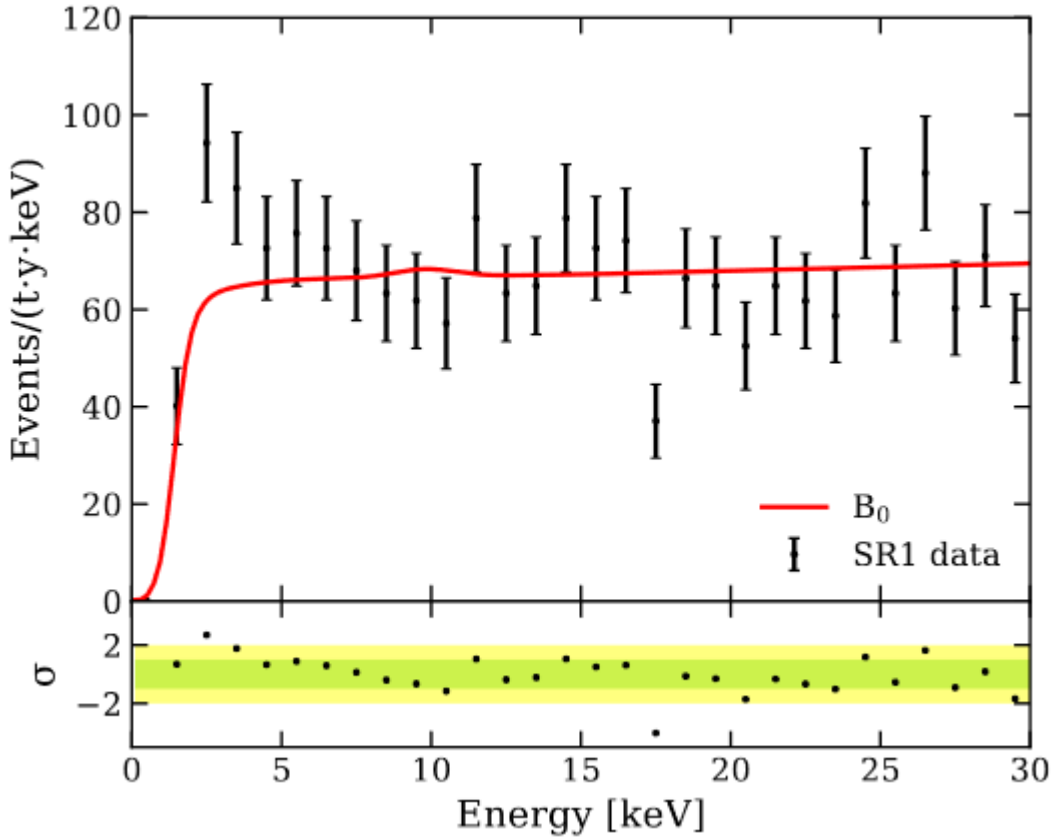
Afbeelding 2. De detectoren.De detectoren waarmee de lichtflitsjes worden waargenomen, worden geïnstalleerd. Afbeelding: Xenon collaboration.

Xenon1T

De race is nog niet beslecht, maar in Gran Sasso lijkt men nu iets gevonden te hebben. “Nu” is daarin overigens niet letterlijk: de metingen waarom het gaat zijn gedaan in de jaren 2016-2018, met de Xenon1T-detector. Die detector is de derde in de serie Xenon-detectoren; deze uitvoering bevat zo’n 3,2 ton aan vloeibaar Xenon. Daarmee is de detector veel gevoeliger dan zijn voorgangers, Xenon10 en Xenon100, die respectievelijk 15kg en 165kg van dat materiaal bevatten. Maar ook Xenon1T is alweer uit de roulatie; op dit moment wordt de detector vervangen door XenonnT, waarin meer dan 8 ton aan vloeibaar Xenon past.

De data die Xenon1T heeft verzameld worden echter nog steeds onderzocht. Voor de genoemde periode, van 2016-2018, werden er in die data 285 lichtflitsjes waargenomen die

van donkere materie afkomstig kunnen zijn. Nu is in elk geval zeker dat niet ál die lichtflitsjes ook daadwerkelijk van donkere materie af komen: er zijn andere processen die ook zulke flitsjes veroorzaken. De onderzoekers hebben uitgerekend hoeveel flitsjes er door die processen zouden moeten zijn ontstaan, en kwamen uit op een aantal van 232. Dat lijkt niet veel minder dan de gemeten 285, maar de berekeningen zijn zo nauwkeurig dat zelfs een afwijking van 15 flitsjes al erg onwaarschijnlijk zou zijn. (Wiskundig geformuleerd: één *standaarddeviatie* komt overeen met 15 van die flitsjes.) De kans dat de afwijking zuiver toevallig bijna vier keer zo groot is, is verwaarloosbaar klein.



Afbeelding 3. Te veel flitsjes?Een van de grafieken waarin het aantal gemeten lichtflitsjes, als functie van de energie, is uitgezet. De rode lijn geeft het verwachte aantal per jaar aan; de zwarte stippen en strepen de waargenomen aantallen en de daarbij verwachte afwijkingen. Hoewel het op het oog niet direct duidelijk is, bevinden de meetresultaten zich te vaak bóven de rode lijn, en te weinig erónder – er lijken significant te veel flitsjes te zijn waargenomen. (De geel-groene balk geeft aan hoeveel standaarddeviaties de losse metingen afwijken van de verwachting.) Afbeelding uit het Xenon1T-artikel van E. Aprile et al.

Wat is er gezien?

Maar… wát verklaart dan de afwijking? De hoop is natuurlijk dat het hier daadwerkelijk gaat om donkere materie, maar het is nog te vroeg om die conclusie te trekken. In hun artikel over de resultaten noemen de onderzoekers drie mogelijke verklaringen. Eén daarvan is daadwerkelijk een nieuw deeltje: als we aannemen dat de zon zogeheten ‘axionen’ produceert – deeltjes die nog nooit zijn waargenomen, maar die in diverse theoretische modellen voorkomen – dan zou dat het gemeten overschot mooi verklaren.

Het kan echter ook gaan om al bekende deeltjes: neutrino’s. Zulke deeltjes zouden, om de extra metingen te kunnen verklaren, dan wél net iets andere magnetische eigenschappen moeten hebben dan tot nu toe is aangenomen. Als die verklaring juist blijkt te zijn is er dus weliswaar geen nieuw deeltje waargenomen, maar is er wel interessante nieuwe natuurkunde ontdekt.

Er is echter ten minste nog een derde mogelijkheid: de Xenon-detector zou simpelweg wat vervuiling kunnen bevatten, in de vorm van tritiumatomen. Zulke vervuiling leidt ook zo nu en dan tot extra lichtflitsjes, en ook daarmee zou het overschot dus verklaard kunnen worden.

Of de Xenon1T-detector inderdaad wat vervuild was, kunnen we niet achterhalen, maar wellicht hoeft dat ook niet. In de nieuwe XenonnT-detector zullen dezelfde metingen herhaald worden, en eventuele vervuiling zou daar een veel kleinere rol moeten spelen, om de simpele reden dat de detector in staat is om veel meer échte flitsjes te zien. Ziet de nieuwe detector dus een soortgelijk overschot als Xenon1T, dan kan de verklaring ‘vervuiling’ afgestreept worden, en zouden we eindelijk echt een aanwijzing voor donkere materie hebben. Of dat gaat gebeuren? Zoals vaak in de natuurkunde zullen we even geduld moeten hebben om het antwoord te achterhalen: als de XenonnT-detector eenmaal aan staat moeten ook daarmee eerst weer de nodige data verzameld worden. Wordt dus – binnen enkele jaren – vervolgd…

Nieuwsbericht Nikhef over de Xenon1T-resultaten