Op zoek naar donkere materie

Een internationale groep natuurkundigen heeft de eerste resultaten gepresenteerd van onderzoek dat is uitgevoerd met XENON1T, de meest gevoelige donkeremateriedetector ter wereld. De analyse van de korte dertigdaagse run laat zien dat de nieuwe detector bestaande grenzen verlegt en veel belooft voor een mogelijke detectie van donkere materie in de toekomst.



Afbeelding 1. Het hart van de XENON1T-detector.

Foto: Enrico Sacchetti.

Vorige maand hebben wetenschappers van XENON1T de eerste resultaten van het meest gevoelige donkere-materie-experiment ter wereld gepresenteerd. Ze zijn enthousiast over hun korte 30-daagse meting: “Nu al de beste donkere-materielimieten… en we zijn pas net begonnen!”

Prof. dr. Patrick Decowski, programmaleider Donkere Materie bij Nikhef, zegt: “Met deze korte run hebben we kunnen aantonen dat XENON1T de meest gevoelige detector is.

Hiermee hebben we de beste limiet wereldwijd op donkere-materie-interacties gezet. Onze drie promovendi hebben een sleutelrol gespeeld bij het analyseren van deze resultaten – dat is ook geweldig om te zien.”

De run was noodgedwongen van korte duur vanwege een aardbeving vlakbij het experiment op 18 januari 2017. Het experiment kon de metingen twee weken later weer hervatten. “De XENON1T-detector, waar we de afgelopen vijf jaar aan gebouwd hebben, doet precies wat ‘ie moet doen. De aardbeving was even spannend, maar we verzamelen nu weer continu data en hopen natuurlijk op een ontdekking in de toekomst,” zegt prof. dr. Auke-Pieter Colijn, ook aan Nikhef verbonden.

Donkere materie

Donkere materie is een van de basisbestanddelen van het heelal. Er bestaat vijf keer meer donkere materie dan gewone materie. Verschillende astronomische metingen hebben het bestaan van donkere materie bevestigd. Wereldwijd proberen verschillende onderzoeksgroepen als eerste directe botsingen van donkerematerieedeeltjes met gewone materie in extreem gevoelige detectoren waar te nemen.

Waarnemingen van deze botsingen zouden niet alleen het bestaan van donkerematerieedeeltjes rechtstreeks bevestigen, maar ook de gelegenheid geven om belangrijke eigenschappen te meten. De wisselwerkingen tussen donkere-materieedeeltjes en gewone materie zijn echter zo zwak dat ze tot nu toe directe detectie zijn ontsnapt. Dit heeft wetenschappers voor de uitdaging gesteld om steeds gevoeligere detectoren te maken.



Afbeelding 2. De XENON1T-installatie.

XENON1T-installatie in de ondergrondse hal van Laboratori Nazionali del Gran Sasso (Italië). Het drie verdiepingen tellende gebouw heeft diverse hulpsystemen. De cryostat die de tijdsprojectiekamer bevat, bevindt zich in de grote watertank naast het gebouw. Foto: Roberto Corrieri en Patrick De Perio.

XENON1T-detector

Het XENON-samenwerkingsverband, dat in het verleden jarenlang met de XENON100-detector het veld heeft geleid, is nu terug met de twintig keer grotere XENON1T-detector. Uit het resultaat van een eerste relatief korte 30-daagse run blijkt dat deze detector een nieuw record heeft gevestigd met het laagste radioactiviteitsniveau. Met een totale massa van ongeveer 3200 kg is XENON1T tegelijkertijd de grootste detector van dit type ooit gebouwd. De combinatie van een aanzienlijk grotere detector met een veel lagere achtergrond biedt een uitstekende mogelijkheid tot ontdekkingen in de komende jaren.

Het XENON-samenwerkingsverband bestaat uit 135 onderzoekers uit Nederland, Duitsland, Italië, Zwitserland, Portugal, Frankrijk, Israël, Zweden en de Verenigde Arabische Emiraten. De nieuwste detector van de XENON-familie is sinds de herfst van 2016 aan het meten in het INFN Laboratori Nazionale del Gran Sasso (Italië). Als je het ondergrondse experiment nu bezoekt, zie je alleen een gigantische cilindrische metalen tank, gevuld met zuiver water.

Daarnaast staat een drie verdiepingen tellend, transparant gebouw vol met apparatuur om

de detector draaiende te houden en uit te lezen. De centrale XENON1T-detector, een vat gevuld met vloeibaar xenon, is niet zichtbaar. Het zit in een cryostaat in het midden van de watertank, volledig ondergedompeld, om zoveel mogelijk afscherming te bieden van natuurlijke radioactiviteit. De cryostaat zorgt ervoor dat het xenon op een temperatuur van -95 °C wordt gehouden zonder het omringende water te bevriezen. De berg boven het laboratorium schermt de detector verder af voor verstoringen door kosmische stralen. Maar afscherming van de buitenwereld alleen is niet genoeg aangezien alle materialen op aarde kleine sporen van natuurlijke radioactiviteit bevatten.

Veel zorg is besteed om de materialen waar de detector zelf uit gemaakt is zeer zorgvuldig te selecteren, om een zo laag mogelijke radioactiviteit te bereiken. Deeltjesinteracties in vloeibaar xenon leiden tot lichtflitsjes die de XENON-wetenschappers meten en bestuderen. De lichtflitsjes geven informatie over de positie en de energie en worden gebruikt om te bepalen of het afkomstig is van een donkeremateriedeeltje of niet. De ruimtelijke informatie wordt gebruikt om alleen naar botsingen in de binnenste 1 ton van de detector te kijken. Het omringende xenon beschermt dat binnenste gedeelte verder van overgebleven radioactiviteit.

Nieuwe fase

“Donkeremateriedeeltjes hebben we in deze eerste zoektocht van XENON1T niet gezien, maar we hadden ze ook niet zo snel verwacht!”, zegt prof. Elena Aprile (Columbia University), woordvoerster van het project: “Met XENON1T is een nieuwe fase in de race om donkere materie te detecteren begonnen. We zijn er trots op dat we in de voorhoede van de race met deze geweldige detector zitten, de eerste in zijn soort.”

Bron: persbericht Nikhef.