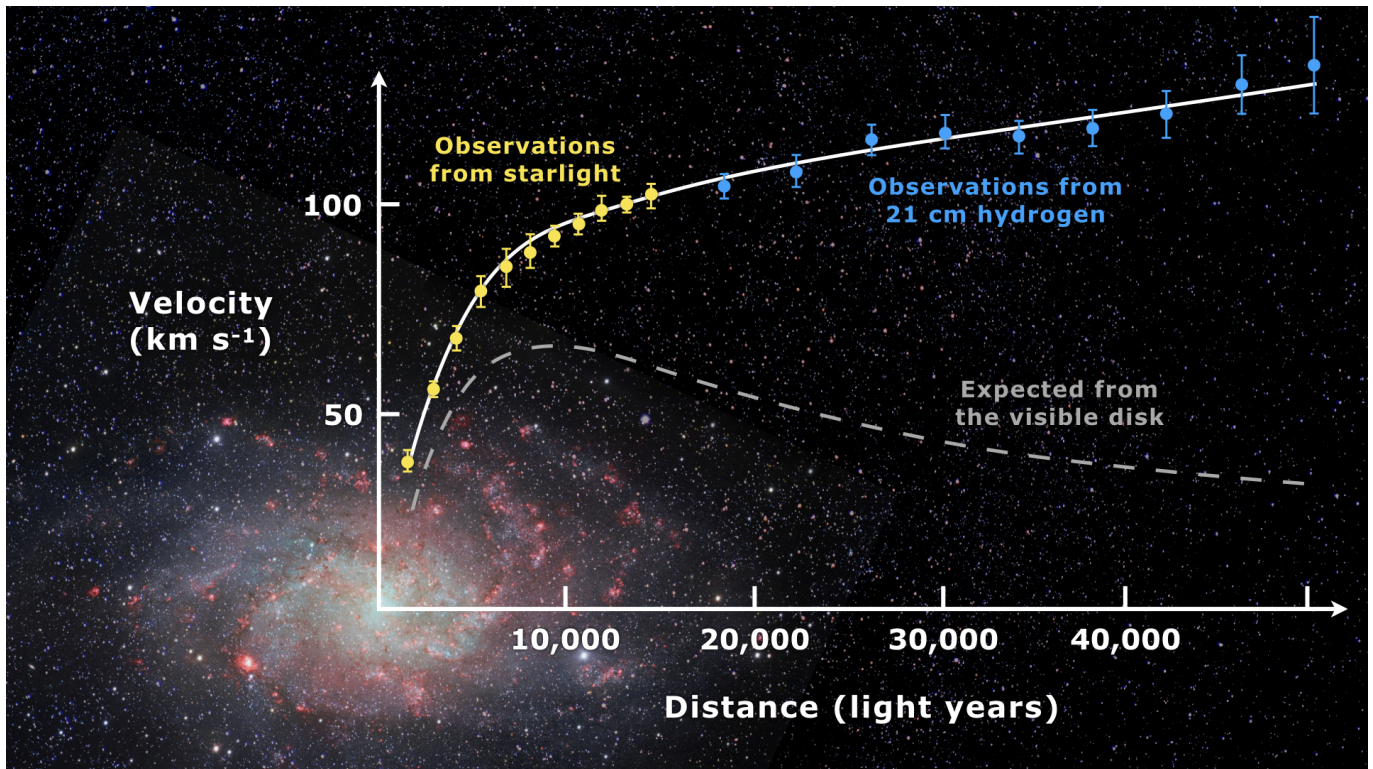


Kosmische stralen als donkerematerieversneller

Al sinds mensenheugenis vragen we ons af waar de materie om ons heen uit bestaat. Dachten de allereerste oude Grieken nog dat de vier elementen (water, lucht, aarde en vuur) voldoende waren om alles mee te maken, tegenwoordig weten we van het bestaan van quarks en deeltjes die interacties overbrengen zoals het foton. Met dit standaardmodel van de deeltjesfysica kunnen we beschrijven hoe atomen gevormd worden, en hebben we - zo denken we nu - de bouwstenen voor alle materie die we om ons heen zien gevonden. Eén belangrijke bouwsteen ontbreekt echter nog: het donkeremateriedeeltje. Een nieuw idee waarbij kosmische straling botst met donkere materie biedt een manier om bestaande detectoren te gebruiken in de zoektocht naar dit nog niet begrepen deeltje.



Afbeelding 1. Donkere materie. In deze afbeelding zie je een van de bewijzen voor donkere materie: de meetpunten zijn waarnemingen van omloopsnelheden in een sterrenstelsel (op de as) ten opzichte de afstand tot het centrum van dat sterrenstelsel. De gestippelde lijn is de verwachting van het verband gebaseerd op alleen de zichtbare materie, terwijl de doorgetrokken lijn het model met donkere materie . Bron: Wikipedia.

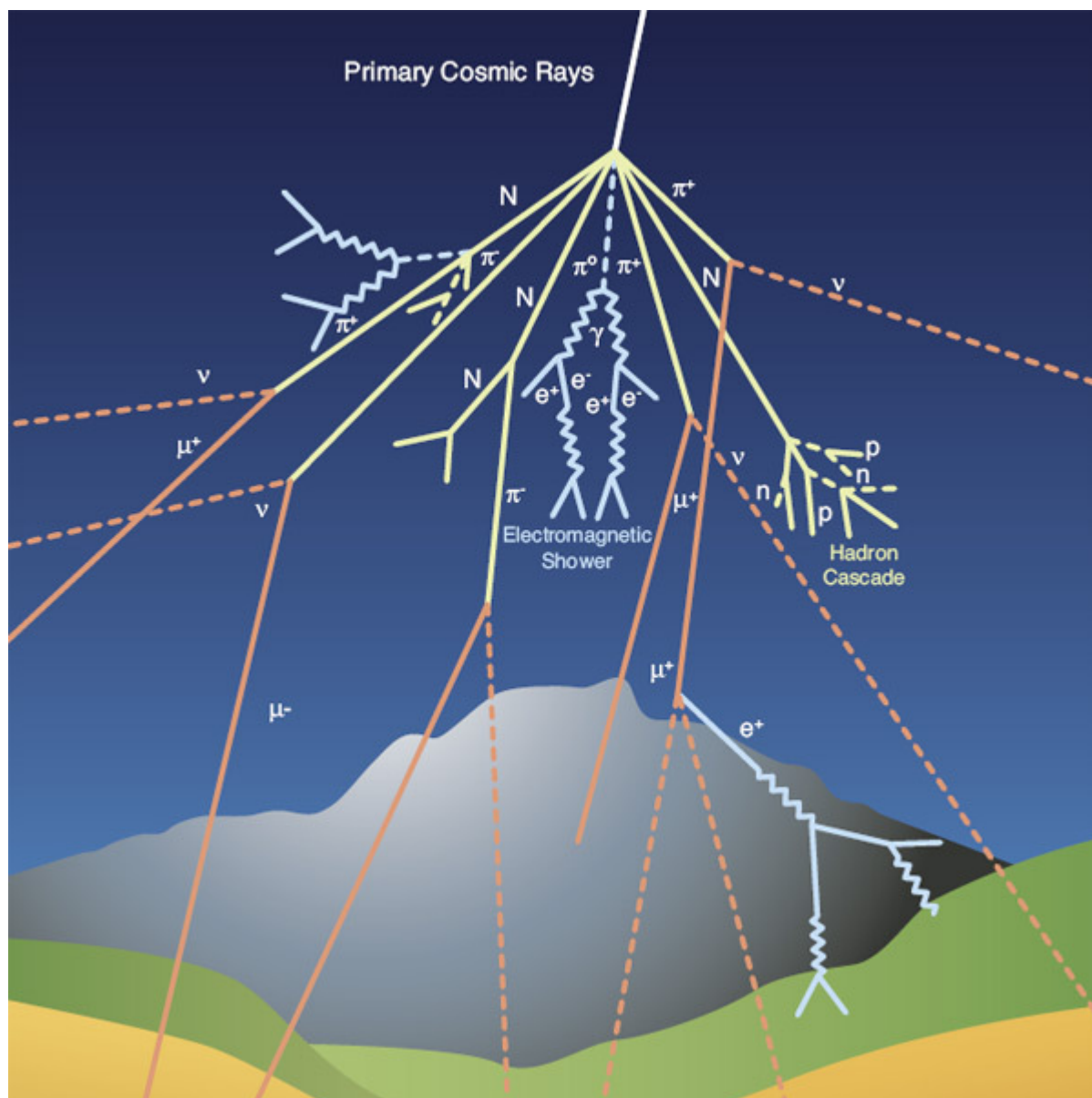
Uit meerdere, verschillende observaties van het heelal blijkt dat er meer materie is dan de materie die wij kunnen zien met telescopen. Deze materie oefent wel zwaartekracht uit op andere materie, maar gaat voor zover wij weten geen andere interacties aan met zichzelf of 'onze' materie. De materie zendt dus ook geen licht uit; vandaar de naam 'donkere materie'. Zonder deze extra materie zouden wij vandaag de dag niet bestaan: de donkere materie is nodig om voldoende zwaartekracht op te wekken om sterrenstelsels bijeen te houden (en te maken!) en komt zelfs meer dan vijf keer zo veel voor als 'normale', zichtbare materie! Hoe we van het bestaan van deze donkere materie weten en wat we wél weten over deze bouwsteen, kun je lezen in [deze serie artikelen](#) van Margot Brouwer.

Waar de donkere materie uit bestaat is een van grote vragen van de moderne natuurkunde. In de LHC-deeltjesversneller in Genève, met telescopen en in specifiek daarvoor ontworpen detectoren, wordt gezocht naar een signaal dat kan worden verklaard door een donkeremateriedeeltje. Een voorbeeld van zo'n experiment is het XENONnT-experiment - de

opvolger van de kleinere XENON1T-detector. Deze detector is gevuld met vloeibaar xenon, een van de minst reactieve en radioactieve stoffen op aarde, en volledig omringd door kleine lichtdetectoren die op zoek zijn naar kleine lichtflitsjes. Zo'n lichtflitsje zou namelijk verklaard kunnen worden door een botsing van een donkeremateriedeeltje met een xenonkern. Wil je meer weten over de XENONnT-detector, lees dan [dit artikel](#) van Michiel Rollier.

Waarom is er nog niets gevonden?

Voorwaarde voor een botsing in de XENONnT-detector is dat de hypothetische donkere materie niet alleen door middel van zwaartekracht maar ook op een andere manier 'koppelt', of een interactie aangaat, met normale materie (de standaardmodeldeeltjes), bijvoorbeeld door middel van de [zwakke kernkracht](#). Daarbij moet de energie die vrijkomt bij een botsing kunnen worden waargenomen door de detector, en dus hoger zijn dan de zogenoemde drempelwaarde. Omdat we uit metingen in ons zonnestelsel weten welke snelheid de lokale donkere materie heeft - zo'n 200 kilometer per seconde - voorspelt dit een energieschaal waarbinnen de detector in staat is om een donkeremateriedeeltje waar te nemen.



Afbeelding 2, Kosmische stralen. Kosmische stralen bestaan uit deeltjes met extreem hoge energieën. Wanneer deze stralen onze atmosfeer bereiken, veroorzaken ze ‘showers’; een enorme hoeveelheid deeltjes die ons aardoppervlak bereiken. Bron: CERN.

De XENONnT-detector is ontworpen om donkeremateriedeeltjes waar te nemen die tussen de 15 en 100 keer zo zwaar zijn als een proton. Is het donkeremateriedeeltje dus lichter, dan neemt de kans om het deeltje waar te nemen snel af, vergelijkbaar met wanneer je een onzichtbaar pingpongballetje tegen een bowlingbal aan zou gooien, en probeert de beweging van de bowlingbal te zien. Overigens is het niet waarnemen van een signaal bijna net zo waardevol als wanneer dat wel gebeurt; het stelt wetenschappers in staat om vast te stellen wat het donkeremateriedeeltje in elk geval *niet* is.

Kosmische stralen

Vanwege het uitblijven van signaal was inmiddels een deel van de modellen in de schaal tussen de 15 en 100 protonmassa's uitgesloten, maar bleef de toepassing daarbuiten beperkt. Recentelijk zijn wetenschappers erin geslaagd om het bereik van de detector uit te breiden. Zij beseften namelijk dat de koppeling tussen deeltjes die nodig is om een signaal in de detector op te wekken, betekent dat de donkere materie ook koppelt aan kosmische stralen. Dit zijn deeltjes uit het heelal die versneld worden tot hoge energieën, en soms ook de aarde bereiken, zoals in afbeelding 2. De onderzoekers begrepen dat een licht donkeremateriedeeltje eerst een botsing kan ondergaan met een kosmische straal en daarbij een deel van de energie van de kosmische straal overneemt. Hierbij wordt het donkeremateriedeeltje dus als het ware versneld door de kosmische straal, en heeft het vervolgens wel voldoende energie om een zichtbaar signaal in de detector achter te laten. Op deze manier kan de XENONnT detector dus in de toekomst gebruikt worden om donkere materie waar te nemen op een schaal, waar de detector origineel niet voor ontworpen is!