



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Probing the properties of dark matter particles with astrophysical observations

Magalich, A.

Citation

Magalich, A. (2019, December 16). *Probing the properties of dark matter particles with astrophysical observations*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/82071>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/82071>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/82071> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Magalich, A.

Title: Probing the properties of dark matter particles with astrophysical observations

Issue Date: 2019-12-16

Samenvatting

De kwantumtheorie van de elektrodynamica en pogingen om de subatomaire fysica fenomenologisch te verklaren, hebben samen geleid tot de ontwikkeling van de meest geavanceerde beschrijving van de deeltjesfysica tot nu toe. Het Standaardmodel van de deeltjesfysica verenigt de modellen van de elektromagnetische, zwakke en sterke interacties in een krachtig en elegant theoretisch kader. Desondanks is vandaag vastgesteld dat het Standaardmodel moet worden uitgebreid om de fenomenen buiten het Standaardmodel (BSM) te verklaren: donkere materie, materie-antimaterie asymmetrie van het heelal en neutrino oscillaties.

Nieuwe deeltjes en interacties die nodig zijn voor de BSM-fysica zijn tot nu toe in deeltjesfysica-experimenten niet ontdekt. De moeilijkheid van directe detectie van deze deeltjes ligt in de enorme parameterruimte van de mogelijke kandidaten. Daarom kan data afkomstig van kosmologische en astrofysische observaties van onschatbare waarde zijn voor laboratoriumexperimenten.

In dit proefschrift onderzoeken wij twee methoden om BSM kandidaten in te perken: door hun invloed op de zogenaamde Big Bang Nucleosynthese, en door waarneembare verschillen in de materieverdeling veroorzaakt door vrije stroming van donkere-materie deeltjes. We concentreren onze aandacht op die uitbreiding van het Standaardmodel, die tot doel heeft alle drie BSM fenomenen tegelijkertijd te verklaren: het *Neutrino Minimal Standard Model*. In deze uitbreiding worden drie extra *heavy neutral leptons* (of *steriele neutrino's*) toegevoegd aan het Standaardmodel. Één hiervan speelt de rol van donkere materie, terwijl de andere twee nodig zijn voor de verklaring van de materie-antimaterie asymmetrie en neutrino oscillaties. De donkere-materie kandidaat is een voorbeeld van Warme Donkere Materie, waarvan vrije stroming kan worden gedetecteerd in de "Lyman- α forest" spectra van verre quasars. De andere twee deeltjes hebben levensduren die relevant zijn voor Big Bang Nucleosynthese.

Heavy neutral leptons zijn vervallende deeltjes met neutrino-achtige interacties die de vorming van lichte elementen tijdens de Big Bang Nucleosynthese kunnen beïnvloeden. Dit gebeurt door middel van hun effect op de Hubble expansie en door hun verval in deeltjes, die zowel de spectra van gewone neutrino's deformeren of rechtstreeks wisselwerken met nucleonen. Steriele neutrino's met een massa hoger dan ~ 100 MeV produceren ook kortlevende muonen en mesonen die ingewikkelde vervalketens op gang kunnen brengen. We leggen een methode voor om Big Bang Nucleosynthese numeriek te modelleren in de aanwezigheid van steriele neutrino's met massa's tot ~ 1 GeV, en stellen beperkingen aan

hun levensduur, uitgaande van verschillende koppelingsmechanismen.

Het waargenomen Lyman- α flux power spectrum (FPS) is onderdrukt op schalen kleiner dan ~ 30 km/s. Deze afkapping kan te wijten zijn aan de hoge temperatuur T_0 en druk p_0 van het absorberende gas of anders zou het de vrije stroom van donkere materie deeltjes in het vroege universum kunnen weerspiegelen. We voeren een reeks kosmologische hydrodynamische simulaties van zeer hoge resolutie uit, waarin we T_0 , p_0 en de sterkte van de vrije stroming van donkere materie variëren, en vergelijken de FPS van gesimuleerde spectra met data. We tonen aan dat de FPS afkapping veroorzaakt kan worden door Koude Donkere Materie. Echter, het kan even goed worden verklaard, onder de aanname van dat de donkere materie bestaat uit ~ 7 keV steriele neutrino's, in welk geval de afkapping voornamelijk te wijten is aan de vrije stroming van donkere materie. Hierdoor zijn de constricties voor de donkere materie kandidaten afhankelijk van een gedetailleerde kennis van de periode van reïonisatie. We laten zien hoe we krachtige beperkingen kunnen stellen aan warme donkere materie in het algemeen door over de thermische geschiedenis, die consistent zijn met waarnemingen, te marginaliseren.