

Prawie sto lat od odkrycia, fizyczna natura ciemnej materii pozostaje jedną z najważniejszych zagadek w fizyce. Wiemy, że ten ciemny składnik stanowi prawie jedną trzecią całej kosmicznej gęstości i jest go ponad pięć razy więcej niż zwykłej materii. W ciągu ostatnich kilku dziesięcioleci został przedstawiony obszerny program badawczy, mający na celu określenie pochodzenia kosmologicznego, podstawowych składników i mechanizmów oddziaływania ciemnej materii. Do tej pory wszystkie ziemskie eksperymenty laboratoryjne nie zdołały jednak wykryć nieuchwytnych cząstek ciemnej materii.

W tym kontekście musimy pamiętać, że jak dotąd wszystkie informacje, jakie posiadamy na temat tajemniczej ciemnej materii, pochodzą z obserwacji astrofizycznych i kosmologicznych. Badania ruchu galaktyk w sieci kosmicznej, szybkie prędkości orbitalne gwiazd w galaktykach wskazują na istnienie dużej ilości niewidzialnej materii. Bez tej materii nie byłoby wystarczająco dużo grawitacji wytwarzanej przez widzialne gwiazdy i gaz, aby wyjaśnić obserwowane ruchy i utrzymać galaktyki i gwiazdy na orbitach. Dowody na istnienie ciemnej materii widzimy również w dużych skalach. Na ogromnych odległościach pomiędzy galaktykami, światło z odległych galaktyk jest zniekształcane przez zginanie czasoprzestrzeni indukowane przez masę i grawitację pobliskich galaktyk. Również w tym przypadku ilość zgięć i zniekształceń czasoprzestrzeni jest zbyt duża, by można było je wytłumaczyć wyłącznie obecnością samej materii widzialnej. Na koniec, widzimy również sygnatury dodatkowej grawitacji, która skompresowała gorącą plazmę przenikającą młody Wszechświat, około 13 miliardów lat temu. Obserwujemy to jako specyficzny układ "zmarszczek" na kosmicznym mikrofalowym tle.

Gdziekolwiek nie spojrzymy w Kosmos, widzimy ślady i dowody działania tego tajemniczego czynnika. Ale jaka jest dokładna fizyczna natura ciemnej materii? Fizycy cząstek elementarnych mają wiele pomysłów, ale trzy najpopularniejsze modele ciemnej materii postulują, że składa się ona z niewykrytych egzotycznych cząstek elementarnych, które powstały w ogromnych ilościach we wczesnym i gorącym Wszechświecie. Cząstki te mogą być albo bardzo ciężkie, tworząc tzw. zimną ciemną materię (CDM), albo mogą być stosunkowo lżejsze, tworząc ciepłą ciemną materię (WDM). Dodatkowo, zimna ciemna materia może mieć egzotyczną właściwość oddziaływania na siebie siłami kwantowymi. Jest to tzw. Samo-oddziałująca Ciemna Materia (SIDM).

Od dziesięcioleci trwa polowanie na sygnały astrofizyczne i kosmologiczne, które pomogłyby odróżnić trzech konkurujących ze sobą kandydatów w ciemnej materii. Jest to bardzo trudny problem ze względu na ogromne zróżnicowanie populacji galaktyk. Najlepszymi obiektami do badania ciemnej materii są małe, karłowate galaktyki, które zawierają największą ilość ciemnej materii. Niestety, te galaktyki wydają się być również najbardziej zmienne i nieprzewidywalne.

W projekcie COLAB (COsmic Laboratory for Baryons and dark matter) przyjrzymy się Kosmicznej Sieci, strukturze, w której tworzą się i żyją galaktyki w wielkiej skali. Sieć ta tworzy unikalne środowisko, które może być podzielone na kosmiczne węzły, włókna, cienkie ściany oraz ogromne kosmiczne pustki. Dzięki podziałowi galaktyk na różne elementy Kosmicznej Sieci mamy nadzieję lepiej zrozumieć, a tym samym zredukować zmienność i nieprzewidywalność populacji galaktyk. Pomoże nam to zidentyfikować najlepsze rejony sieci kosmicznej i najbardziej obiecujące właściwości galaktyk do badania i podkreślenia natury nieuchwytnych ciemnej materii.