

Eksploracja niewidocznych struktur za pomocą soczewkowania fal grawitacyjnych

Celem proponowanych badań jest wykorzystanie fal grawitacyjnych do zrozumienia i rozwiązania zagadki ciemnej materii. Wiadomo, że galaktyki zanurzone są w halo ciemnej materii. Aby je zbadać, proponujemy wykorzystać zjawisko soczewkowania fal grawitacyjnych. Kiedy galaktyka leży wzdłuż linii wzroku między źródłem fal grawitacyjnych a detektorem, spowoduje to soczewkowanie fal grawitacyjnych. W tym przypadku zakrzywienie czasoprzestrzeni galaktyk zakrzywia drogę fal grawitacyjnych pochodzących ze źródła, i wzmacnia je. W pewnych sytuacjach wytwarza wiele kopii tego samego sygnału, które są wykrywane w różnym czasie. Powstała w ten sposób fala lub fale, które wykrywamy za pomocą instrumentów takich jak europejski detektor fal grawitacyjnych Virgo, niosą ze sobą ważne informacje na temat halo ciemnej materii, w którym znajdują się dana galaktyka.

Istniejące modele ciemnej materii z powodzeniem wyjaśniają obserwacje dużych struktur, takich jak masywne galaktyki lub gromady galaktyk w naszym Wszechświecie. Jednak modele te wydają się być sprzeczne z naszymi przewidywaniami dotyczącymi galaktyk o małej masie. Takie galaktyki są znane jako jej satelity Drogi Mlecznej, i są dobrymi laboratoriami do badań ciemnej materii. Model ciemnej materii znany jako rozmyta lub falowa ciemna materia z powodzeniem rozwiązuje problemy z naszymi obecnymi modelami. W tym projekcie wykorzystamy fale grawitacyjne emitowane przez samotne gwiazdy neutronowe i układy podwójne czarnych dziur znajdujących się za tymi galaktykami do badania i wnioskowania o ich właściwościach. Oczekuje się, że takich źródeł jest wiele; jeśli niektóre z nich przejdą przez lub w okolicy galaktyk-satelitów, w wynikowym sygnale soczewkowanym pojawi się pewna sygnatura ciemnej materii.

Do ich badania wykorzystujemy technikę zaproponowaną przez polskiego astronoma prof. Bohdana Paczyńskiego zwaną mikrosoczewkowaniem dla fal elektromagnetycznych. W tym badaniu rozszerzamy ją na długotrwałe fale grawitacyjne emitowane przez rotujące gwiazdy neutronowe. W ramach tego projektu opracowane zostanie oprogramowanie i algorytmy do wyszukiwania sygnałów w istniejących danych fal grawitacyjnych przy użyciu metody wymyślonej opracowanej przez polskich naukowców, nazwanej F-statystyką. Dodatkowo, będziemy również modelować soczewkowane sygnały emitowane przez ciasne układy podwójne i wnioskować o ich właściwościach. W związku z tym projekt ten pomoże rozwiązać zagadki związane z ciemną materią przy użyciu różnych rodzajów soczewkowanych sygnałów, a także rozwinie dziedzinę astronomii fal grawitacyjnych.