

Modele Gorącej Ciemnej Materii i ich konsekwencje fenomenologiczne

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Wyjaśnienie pochodzenia Ciemnej Materii (cząstek oddziałujących grawitacyjnie i ewentualnie jądrowo słabo ze znanymi nam cząstkami elementarnymi) we Wszechświecie stanowi jedno z największych wyzwań współczesnej kosmologii i fizyki cząstek elementarnych. Dowody na istnienie Ciemnej Materii można znaleźć w każdej skali astrofizycznej: począwszy od galaktyk, poprzez gromady galaktyk, a na skali kosmologicznej (obejmującej cały widzialny Wszechświat) skończywszy. Najnowsze dane wskazują, że Ciemna Materia stanowi 27% całkowitej gęstości energii we Wszechświecie – z teorii względności wiemy, że materia jest jedną z form energii. Jest to duża wartość w porównaniu do 5%, które stanowią znane nam cząstki elementarne. Pozostaje zatem wiele do odkrycia.

Przez ostatnie kilka dziesięcioleci największym zainteresowaniem cieszyła się tzw. Zimna Ciemna Materia (ang. *Cold Dark Matter*, CDM). Składa się ona z ciężkich (zatem we wczesnej fazie ewolucji Wszechświata – wolnych, pot. zimnych) elektrycznie obojętnych cząstek, które w sposób naturalny mogą wyjaśnić brakujące 27% gęstości energii Wszechświata. Obserwacje astrofizyczne wskazują jednak, że modele CDM nie wyjaśniają dobrze m.in. rozkładu materii w jądrach galaktyk. Nieco lżejsze, szybsze cząstki mogą jednak rozwiązać ten problem – nazywamy je wtedy Ciepłą Ciemną Materią (ang. *Warm Dark Matter*, WDM). Okazuje się jednak, że ani CDM ani WDM nie są w stanie rozwiązać jeszcze jednego problemu. Pomiary promieniowania relikтового (pozostałości po Wielkim Wybuchu) w sposób niebezpośredni wskazują na możliwość istnienia we Wszechświecie dodatkowego typu (lub typów) bardzo szybkich cząstek przypominających neutrino. Próba wyjaśnienia ich obecności jest Gorąca Ciemna Materia (ang. *Hot Dark Matter*, HDM), która podobnie jak CDM oraz WDM nie oddziałuje w znany nam sposób z pozostałymi cząstkami, jednak z uwagi na bardzo małą masę w dużej mierze przypomina zachowaniem te hipotetyczne szybkie cząstki. Być może, aby w pełni opisać otaczający nas Wszechświat, potrzebujemy zatem więcej niż jednego typu Ciemnej Materii.

W projekcie skupię się na najbardziej obiecujących modelach HDM. W tym celu niezbędne będzie znalezienie odpowiedniego równania rządzącego ewolucją cząstek HDM we wczesnych fazach ewolucji Wszechświata. Niezwykle istotne będzie również sprawdzenie przewidywań wybranych modeli (ich fenomenologii) pod względem sygnałów docierających do nas z przestrzeni kosmicznej oraz zderzeń w Wielkim Zderzaczu Hadronów (ang. *Large Hadron Collider*, LHC). Szczególnie ciekawe pod tym kątem są modele przewidujące istnienie zarówno HDM jak i CDM/WDM – mają większe uzasadnienie fenomenologiczne, gdyż wyjaśniają więcej zjawisk. W przypadku gdy obecne modele HDM nie będą dostatecznie satysfakcjonujące, planuję również zaproponowanie ich modyfikacji. Niezwykle istotne pod tym kątem będą przyszłe wyniki eksperymentów, które pozwolą jednoznacznie stwierdzić, czy te hipotetyczne cząstki rzeczywiście mogą istnieć.