

Ciemna materia i bariogeneza w wieloskładnikowych ciemnych sektorach oraz rozszerzonych modelach kosmologicznych

Opis popularnonaukowy

Utworzenie się asymetrii pomiędzy barionami a antybarionami oraz natura ciemnej materii to jedne z największych zagadek współczesnej kosmologii oraz fizyki cząstek elementarnych.

Wszechświat który widzimy zbudowany jest z cząstek z jedynie znikomą domieszką antycząstek. Mechanizm, który spowodował wytworzenie się tej asymetrii nazywamy bariogenezą i jest niezbędny dla możliwości utworzenia przez materię stabilnych struktur i w konsekwencji gwiazd, planet i życia. Innym koniecznym składnikiem jest ciemna materia - nieznaną komponent materii stanowiącej około 80% masy Wszechświata. Chociaż od odkrycia istnienia ciemnej materii minęło wiele dziesięcioleci, jej natura pozostaje dla nas ciągle zagadką. I to jedną z największych zagadek współczesnej fizyki. Tym ważniejszą, że zrozumienie natury ciemnej materii może otworzyć nam nowe okno na fizykę cząstek i oddziaływań fundamentalnych.

Co więcej, ciemna materia spełniła niezwykle ważną rolę w historii Wszechświata. To dzięki niej i wytworzonym przez nią potencjale grawitacyjnym, nasza zwykła, barionowa materia miała wystarczająco dużo czasu by się zapaść i stworzyć większe struktury: galaktyki, gwiazdy i w końcu planety. Także dziś nasza Droga Mleczna zanurzona jest w dużo większym od siebie samej halo - skupisku ciemnej materii, w obrębie którego została utworzona. Z obserwacji astronomicznych o halo wiemy w istocie niewiele. Jednakże, dzięki modelom matematycznym i wyspecjalizowanym symulacjom komputerowym mamy dobre powody sądzić, że do pewnego stopnia znamy jego strukturę. Wiele pytań dotyczących pochodzenia ciemnej materii oraz jej roli w powstawaniu struktur we Wszechświecie pozostaje jednak bez odpowiedzi.

Projekt za główny cel stawia sobie rozwinięcie metod teoretycznych i numerycznych potrzebnych do pogłębienia zrozumienia powyższych zagadnień. W szczególności poprzez dokładne studia nad powiązaniem pomiędzy tymi dwoma procesami: produkcją ciemnej materii a bariogenezą. Ponadto, badane będą efekty pojawiające się w bardziej realistycznych, wieloskładnikowych teoriach opisujących ciemną materię, oraz efekty nierównowagowe we Wczesnym Wszechświecie. Pozwoli to na lepsze zrozumienie jej historii i własności.

Zostanie zastosowane niedawno utworzone podejście oparte na w pełni numerycznym rozwiązywaniu równania Boltzmanna dla funkcji rozkładu w przestrzeni fazowej dla ciemnej materii. Umożliwi to dokładne studia nad wpływem odejścia od równowagi termicznej, dla różnych typów oddziaływań i procesów zachodzących w plazmie Wczesnego Wszechświata.

Fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań fundamentalnych znajduje się dzisiaj w ciekawym położeniu. Model Standardowy to najdokładniejsza i najprecyzyjniejsza teoria jaką kiedykolwiek stworzono. Wyśmienicie opisuje wszelkie oddziaływania w eksperymentach o szerokiej gamie skali energii. Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w CERN-ie ciągle dostarcza nam dodatkowych tego potwierdzeń. Z drugiej jednak strony jak dotychczas nie daje żadnych wskazówek jak go ulepszyć - a nie ulega wątpliwości, że Model Standardowy wymaga rozszerzenia, gdyż nie opisuje wszystkich obserwowanych zjawisk fizycznych, np. istnienia ciemnej materii. Nie pozwala również zrozumieć bariogenezy, czyli jak powstała obserwowalna materia. Między innymi dlatego fizycy cząstek z coraz większą nadzieją spoglądają w gwiazdy, tam szukając odpowiedzi na nurtujące ich pytania.