

Wpływ efektów nierównowagowych i termicznych na ewolucję Ciemnej Materii w plazmie Wczesnego Wszechświata

Opis popularnonaukowy

Chociaż od odkrycia istnienia ciemnej materii - dziś wiemy stanowiącej około 80% masy Wszechświata - 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 badanie wpływu efektów nierównowagowych oraz kwantowych efektów termicznych na ewolucję ciemnej materii we Wczesnym Wszechświecie. Pozwoli to na lepsze zrozumienie jej historii i własności. Ponadto, w projekcie badany będzie wpływ samo-oddziaływań pomiędzy cząstkami ciemnej materii zarówno na jej ewolucję jak i tworzenie się struktur we Wszechświecie.

Zostanie zastosowane nowe 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. Dodatkowo, badane i rozwijane będzie podejście teoretyczne oparte na kwantowej teorii pola w niezerowej temperaturze. W gorącej plazmie kwantowe efekty temperaturowe modyfikują przekroje czynne na różne procesy, np. formowania się czy dysocjacji stanów związanych lub poszerzenie termiczne szerokości rozpadów.

Fizyka cząstek elementarnych 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 codziennie 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. mass neutrin czy istnienia ciemnej materii). Między innymi dlatego fizycy cząstek z coraz większą nadzieją spoglądają w gwiazdy, tam szukając odpowiedzi na nurtujące ich pytania.