

Rola oddziaływań grawitacyjnych podczas epoki podgrzania i w produkcji ciemnej materii

Streszczenie

W niniejszej rozprawie omówiono minimalny scenariusz ciemnej materii, zakładając, że składa się ona z cząstek posiadających wyłącznie grawitacyjne oddziaływania. Rozważany scenariusz dotyczy masywnych cząstek wektorowych będących kandydatem na ciemną materię. Taka hipoteza jest dość restrykcyjna i w tym sensie ekstremalna, ale z drugiej strony urzeka swoją prostotą i uniwersalnością. To, co czyni ten scenariusz tak interesującym, to jego nieuchronność i komplementarność z kosmologicznymi modelami wczesnego Wszechświata. O jego atrakcyjności świadczy również bogata fenomenologia rozważana w tej pracy. Pochodzenie czysto grawitacyjnej ciemnej materii związane jest z efektami grawitacyjnymi występującymi we wczesnym Wszechświecie. Stąd też jej geneza i ewolucja są odzwierciedleniem dynamiki pierwotnego Wszechświata, a w szczególności tego, w jaki sposób przekształcił się on z fazy inflacyjnej do epoki dominacji promieniowania.

W rozprawie analizowano niestandardowy scenariusz kosmologiczny, zakładając, że okres dominacji promieniowania został poprzedzony epoką "podgrzania" (ang. *reheating*). Szczególną uwagę poświęcono modelowi epoki podgrzania, w którym proces ten zachodzi w wyniku perturbacyjnych bezpośrednich oddziaływań pola inflatonu z materią widzialną, jak również jako wynik oddziaływań grawitacyjnych. Omówiono produkcję cząstek Modelu Standardowego, zakładając, że oddziaływania między tymi ostatnimi a klasycznym polem inflatonu parametryzowane są zależną od czasu szerokością rozpadu. Takie zachowanie może wynikać z niestandardowej postaci potencjału inflatonu podczas fazy podgrzania i/lub być generowane przez efekty kinematyczne, związane z niezerową masą cząstek w stanie końcowym. Zademonstrowano, że zależność szerokości rozpadu od czasu istotnie wpływa na produkcję sektora widzialnego i tym samym przyczynia się do modyfikacji jego ewolucji w okresie podgrzania. Ponadto pokazano, że efekt ten może również zmienić czas trwania epoki podgrzania. Dodatkowo omówione zostały również konsekwencje niestandardowego scenariusza podgrzania w kontekście pierwotnych fal grawitacyjnych. W szczególności pokazano, że obecność wczesnej epoki podgrzania w pewnych przypadkach może wzmocnić widmo fal grawitacyjnych o pierwotnej genezie. Tę obserwację wykorzystano do zbadania możliwości analizowania sprężeń inflatonu z materią w przyszłych detektorach fal grawitacyjnych.

W tej pracy rozważano trzy różne mechanizmy produkcji ciemnej materii. Zbadano czysto grawitacyjną produkcję cząstek w rozszerzającym się Wszechświecie, rozpraszanie grawitacyjne w tle klasycznego pola inflatonu oraz grawitacyjną anihilację cząstek Modelu Standardowego. Omówiono ograniczenia i warunki konieczne do wystąpienia powyższych procesów. Określono również przestrzeń parametrów, w której każdy z tych mechanizmów, zarówno indywidualnie, jak i w połączeniu, odtwarza obserwowaną ilość ciemnej materii. Uzyskane wyniki mają zastosowanie w różnych modelach kosmologicznych i jednoznacznie wskazują, że dynamika okresu podgrzania odgrywa kluczową rolę w grawitacyjnej produkcji wektorowej ciemnej materii.