

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Ciemna materia jako laboratorium nowych idei w poszukiwaniach fizyki spoza Modelu Standardowego

Krzysztof Jodłowski

Jedną z najbardziej zagadkowych cech naszego Wszechświata jest fakt, że na każdy atom zwykłej materii przypada pięć innych, które są niewidoczne. Natura tej tak zwanej ciemnej materii (CM) pozostaje tajemnicza, a próby jej wykrycia są jednym z najbardziej intensywnych kierunków badań w fizyce. Niniejsza rozprawa poświęcona jest badaniom popularnych kandydatek do bycia cząstką CM, skupiając się na modelach, które mogą być powiązane także z innymi problemami Modelu Standardowego (MS) i które będą wkrótce testowane w eksperymentach.

Współczesna kosmologia opisana jest poprzez Standardowy Model Kosmologiczny (Λ CDM) i w ramach tej udanej teorii wprowadzamy problem CM. Omawiamy mechanizm produkcji termicznej CM, który dotyczy szerokiej klasy kandydatek na cząstkę CM, które są często przewidywane przez dobrze umotywowane rozszerzenia MS, w tym większości kandydatek na cząstkę CM omawianych w tej pracy. Omawiamy również dobrze rozwinięty program eksperymentalny poświęcony poszukiwaniom takich cząstek, wśród nich masywnych słabo oddziałujących cząstek (WIMP), które mogą być naturalnie związane ze skalą oddziaływań elektroślabych MS, jak pokazuje numeryczna koincydencja zwana *WIMP miracle*. Jednak dotychczasowe poszukiwania WIMP-ów w skali elektroślabej nie przyniosły rozstrzygających rezultatów, co skłania do rozważania innych możliwości.

Wśród innych możliwości są scenariusze fizyki wykraczające poza MS, w których występują nowe lekkie cząstki o masach poniżej 1 GeV, co w naturalny sposób rozszerza mechanizm *WIMP miracle* i może być związane z innymi zagadkami MS. W szczególności, realistyczne modele tego typu często zawierają cząstki niestabilne, które - ze względu na małe wartości ich mas i stałych sprzężenia - są na ogół długożyciowe. Takie cząstki są szczególnie interesujące i ze względu na swoje unikalne własności są często obecne w kosmologii i fizyce cząstek elementarnych. Dlatego pożądane jest, aby scenariusze fizyki spoza MS przewidujące stany długożyciowe (i CM) były dokładnie zbadane, najlepiej pod komplementarnymi kątami badań eksperymentalnych, tak jak w przypadku WIMP-ów. W niniejszej rozprawie opisujemy wysiłki w tym kierunku, oparte na różnych poszukiwaniach: rozwijających się eksperymentach umieszczonych wzdłuż osi wiązki zderzaczy cząstek, tzw. fizyka "do przodu", takich jak detektor FASER, które wkrótce będą zbierać dane w LHC; pośrednich poszukiwaniach promieniowania kosmicznego wytworzonego w anihilacjach CM zachodzących w pobliżu Centrum Galaktyki, oraz badaniach promieniowania CMB, między innymi. Podczas gdy badanie podstawowych scenariuszy CM typu WIMP i cząstek długożyciowych w najprostszych rozszerzeniach MS zostało w dużej mierze omówione w literaturze, w niniejszej rozprawie przedstawiamy szereg interesujących efektów fenomenologicznych pojawiających się w bardziej rozbudowanych scenariuszach ciemnego sektora, które mogą być zbadane eksperymentalnie w najbliższych latach. Uwzględnienie tych efektów może mieć istotne implikacje dla zakresu badań zarówno obecnych, jak i planowanych w przyszłości eksperymentów.