

# Streszczenie

Dążenie do zrozumienia nieuchwytnej natury ciemnej materii, istotnego składnika Wszechświata, w dalszym ciągu stanowi podstawowe wyzwanie współczesnej fizyki i kosmologii. Niniejsza praca doktorska zagłębia się w zawiły świat poszukiwań ciemnej materii, ze szczególnym naciskiem na dwa intrygujące aspekty: nieelastyczną pchniętą (ang. boosted) ciemną materię (iBDM) i ciemną materię o niskiej masie, w szczególności niskomasowe słabo oddziałujące masywne cząstki (WIMP). Najnowocześniejsze detektory ciekło-argonowe oferują wyjątkową i czułą platformę do wykrywania tych nieuchwytnych cząstek.

Przeważające dowody kosmologiczne na istnienie ciemnej materii, w połączeniu z jej znaczącym wpływem grawitacyjnym na galaktyki i gromady galaktyk, sugerują jej niebarionową naturę. Jednym z wiodących kandydatów na ciemną materię są WIMP, hipotetyczne słabo oddziałujące, elektrycznie obojętne cząstki o masach potencjalnie obejmujących szeroki zakres.

WIMPy o niskiej masie, charakteryzujące się masami w zakresie od poniżej GeV do GeV, przyciągnęły w ostatnich latach sporo uwagi ze względu na ich potencjał do rozwiązania kilku nierozstrzygniętych problemów, stanowiąc jednocześnie nową granicę dostępną do eksperymentalnego zbadania. Aby wykryć ciemną materię o małej masie i iBDM, w niniejszej pracy wykorzystano unikalne możliwości dwóch detektorów ciekło-argonowych: DEAP-3600 i DarkSide-50.

Ciekły argon, dzięki niskiemu progowi energetycznemu, potencjałowi do redukcji tła i skalowalności, stanowi idealne medium do wykrywania niskoenergetycznych odrzutów powstających w wyniku oddziaływań pomiędzy cząstkami ciemnej materii a jądrami atomowymi lub elektronami. W pracy szczegółowo zbadano działanie tych detektorów, podkreślając ich zdolność do zaobserwowania rzadkich i niskoenergetycznych zdarzeń.

Jednym z głównych elementów tych badań są wyzwania i zawiłości związane z wykrywaniem ciemnej materii o małej masie, takie jak ograniczenie wpływu tła. Nowe techniki analizy i podejścia statystyczne zostały wykorzystane do zwiększenia czułości detektorów ciekło-argonowych w poszukiwaniach lekkich WIMPów. Z powodzeniem zbadaliśmy zakres energii osiagający próg 0.04 keV, który jest najniższym dotychczas osiągniętym w poszukiwaniu ciemnej materii za pośrednictwem sygnatury rocznej modulacji sygnału. W żadnym z analizowanych przedziałów nie stwierdzono obecności modulacji. Poziom istotności związany z tym wynikiem nie jest wystarczający, aby ostatecznie potwierdzić lub odrzucić wyniki eksperymentu DAMA/LIBRA. Niemniej jednak jest dowodem skuteczności ciekłego argonu do tego zastosowania, a przy wystarczająco długim zbieraniu danych i stabilności ma potencjał, aby przyszedł detektor mógł osiągnąć wiodącą czułość.

Oprócz WIMP o niskiej masie, doktorat rozważa również nieelastyczną pchniętą ciemną

materię jako nowego i mniej zbadanego kandydata. Nieelastyczne modele ciemnej materii proponują cząstki z różnicą masy pomiędzy stanem podstawowym a stanem wzbudzonym, umożliwiając im kinetyczny dostęp do interakcji o wyższej energii. Ta wyjątkowa właściwość może mieć głębokie implikacje zarówno dla kosmologii, jak i fizyki cząstek elementarnych. W dysertacji omówiono potencjalne sygnatury astrofizyczne i strategie wykrywania nieelastycznej pchniętej Lorentzowsko ciemnej materii, podkreślając ich charakterystyczne cechy w porównaniu ze standardowymi scenariuszami WIMP.

Podsumowując, niniejsza praca zapewnia kompleksowy przegląd zjawisk ciemnej materii, ze szczególnym naciskiem na WIMPy o małej masie i nieelastyczną pchniętą ciemną materię. Poprzez połączenie dyskusji teoretycznej i perspektyw eksperymentalnych podkreśla kluczową rolę tych kandydatów w odkrywaniu tajemnic ciemnego wszechświata. Dążenie do zrozumienia ciemnej materii pozostaje tętniącą życiem i ewoluującą dziedziną, oferując ekscytujące możliwości dalszego zrozumienia podstawowych składników kosmosu i ich wpływu na strukturę i ewolucję Wszechświata.