

Nr umowy: 2019/33/N/ST2/02874

Tytuł: Badania symulacyjne i testy systemów detekcji światła scyntylacyjnego i wyzwiania detektora ICARUS T600

Cel projektu

Głównym celem projektu jest wykorzystanie sygnałów świetlnych pochodzących ze scyntylacji w ciekłym argonie (LAR) dla systemu wyzwiania detektora ICARUS T600 w eksperymencie z krótką bazą pomiarową (ang. Short Baseline Neutrino - SBN) w Narodowym Laboratorium Przyspieszania Cząstek Elementarnych im. Enrico Fermiego (ang. Fermi National Accelerator Laboratory - FNAL lub Fermilab) pod Chicago w Stanach Zjednoczonych. Jego realizacja wymaga zarówno badań symulacyjnych jak i eksperymentalnych.

Eksperyment SBN wpisuje się w obszerny program eksperymentalny poszukujący neutrina (neutrino) sterylnego (sterylnych), którego istnienie jest jednym z podstawowych otwartych pytań fizyki neutrin. Ostatnie dwadzieścia lat przyniosło kilka przełomowych odkryć w fizyce neutrin, jak odkrycie zjawiska oscylacji neutrin czy początki astronomii neutrinowej, a obecnie stanowi ona jedną z najbardziej aktywnych dziedzin badań. Odkrycie neutrin sterylnych otworzyłoby szerokie pole do eksperymentalnych i teoretycznych badań ich właściwości, mieszania z neutrinami Modelu Standardowego oraz ich roli w fizyce cząstek, astronomii i kosmologii.

Eksperyment SBN, wykorzystujący głównie wiązkę neutrin pochodzących wiązki BNB (ang. Booster Neutrino Beam), będzie wyposażony w trzy detektory, zwane SBND, MicroBooNE i ICARUS T600, umieszczone w odległościach 110m, 470m i 600m od źródła neutrin. Wszystkie z nich to ciekło-argonowe komory projekcji czasowej (LAR-TPC). Ta technika detekcji szczególnie dobrze nadaje się do badań cząstek naładowanych wytwarzanych w oddziaływaniach neutrin, ponieważ oferuje bardzo dokładne pomiary przestrzenne i energetyczne w oparciu o sygnał elektronowy z jonizacji argonu, jak również bardzo dobre pomiary czasowe oparte na bardzo szybkich sygnałach świetlnych pochodzących ze scyntylacji będącej wynikiem deekscytacji argonu.

Detektor ICARUS T600, który jest największym LAR-TPC wykorzystywanym dotychczas do badań nad neutrinami, będzie działał na powierzchni w bardzo trudnych warunkach doświadczalnych, ponieważ będzie on wystawiony na ogromne działanie promieni kosmicznych w tle, które mogą naśladować prawdziwe oddziaływania neutrin. Dlatego zasadnicze znaczenie będzie miało odróżnienie sygnałów pochodzących z wiązki neutrin od tych indukowanych przez promienie kosmiczne. System wyzwiania detektora ICARUS T600 będzie wykorzystywał zbieżność sygnałów scyntylacji w ciekłym argonie, które będą wykrywane przez 360 fotopowielaczy typu R5912-MOD firmy, z oknem bramki wiązki neutrin wygenerowanym w korespondencji z przewidywanym czasem przybycia neutrin do detektora.

Projekt obejmuje udział w testach systemu detekcji światła scyntylacyjnego ICARUS T600 oraz w rozwijaniu jego systemu wyzwalania. Aby ułatwić przeprowadzenie tych testów, w CERN-ie zbudowano niewielki obiekt testowy z elektroniką wykorzystywaną w systemie wyzwalania i systemem akwizycji danych (DAQ). Urządzenie opiera się na 50-litrowym prototypie LAr-TPC typu ICARUS w połączeniu z 1500-litrowym kriostatem z zainstalowanymi w nim dziesięcioma fotopowielaczami typu R5912-MOD firmy Hamamatsu.

Plan pracy projektu składa się z czterech zadań. Dwa z nich, tj. testy elektroniki systemu wyzwalania detektora ICARUS T600 oraz badania systemu detekcji światła z radioaktywnym źródłem promieniowania cząstek alfa, są realizowane w ośrodku badawczym CERN. Trzecie zadanie dotyczy badań symulacyjnych różnych konfiguracji fotopowielaczy dla systemu wyzwalania detektora ICARUS T600. Ostatnie zadanie, dotyczące badań i wstępnej oceny działania systemów detekcji światła i wyzwalania detektora ICARUS T600 w ośrodku Fermilab, będzie oparte na danych zebranych podczas początkowej pracy detektora w ramach eksperymentu SBN.