

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Fizyka cząstek elementarnych opisuje podstawowe składników materii i ich oddziaływania i należy do badań podstawowych. W ostatnich kilku dekadach dokonał się w niej ogromny jakościowy postęp w sformułowaniu opisu trzech podstawowych sił oddziaływań (elektromagnetycznej, silnej i słabej) między kwarkami i leptonami, które stanowią elementarne cegiełki budowy materii. Ten opis, zwany "Modelem Standardowym" (MS), pozwala na podanie przewidywań zachowania materii w skalach subatomowych z precyzją sięgającą nawet do kilkunastu cyfr. W równaniach MS są zapisane niemal wszystkie cechy świata fizycznego, od zjawisk elektrycznych w codziennym życiu, poprzez własności atomów i ich jąder, do zderzeń kwarków i leptonów w gorącym wczesnym Wszechświecie. Ukoronowaniem sukcesów SM była doświadczalna obserwacja bozonu Higgsa, w ośrodku CERN przy zderzacz proton-proton LHC w 2012r. Cząstka ta jest odpowiedzialną m.in. za nadanie masy kwarkom i leptonom. MS posiada swój zakres stosowalności i w przyszłości zostanie on najprawdopodobniej rozszerzony, i tym samym wchłonięty jako część nowego szerszego opisu rzeczywistości. To hipotetyczne rozszerzenie zwane jest "Nową Fizyką" i opisywane w ramach uproszczonych modeli, z których wiele przewiduje istnienie nowych cząstek o nowych własnościach. Niektóre teorie Nowej Fizyki zakładają, iż fundamentalne obiekty nie są punktowe lub że istnieją one w przestrzeni więcej niż trójwymiarowej. Każda z nich usiłuje wyeliminować przynajmniej niektóre bolączki MS, ale właściwie żadna z nich nie tłumaczy przekonująco największej zagadki współczesnej kosmologii, takiej iż materia podlegająca opisowi w ramach Modelu Standardowego stanowi zaledwie 5% masy wszechświata. Ponadto, Model Standardowy nie wyjaśnia w sposób ilościowy jak w pierwotnym wszechświecie wytworzyła się nadwyżka materii nad antymaterią, oraz nie tłumaczy dlaczego kwarki i leptony występują w trzech prawie identycznych zestawach różniących się tylko masą. Odpowiedzi na te i inne problemy współczesnej fizyki mogą udzielić jedynie badania eksperymentalne. Szczególną rolę powinny w tym odegrać eksperymenty przy zderzaczach elektron-pozyton, które w odróżnieniu od zderzaczy protonowych (jak obecnie używany zderzacz LHC), produkują stany końcowe łatwiejsze do analizy i mierzą znacznie dokładniej możliwe odchylenia pewnych, stosownie dobranych, obserwabli od wartości przewidywanych w ramach MS. Badania owych odchyżeń wymagać będzie od badaczy znacznej precyzji doświadczalnej osiągalnej w stosownej aparaturze, ale także bardzo dużej dokładności obliczeń teoretycznych do modelowania wyników zderzeń.

Celem projektu są obliczenia niepewności teoretycznych i doświadczalnych, dotyczących pomiaru wielkości o dużej czułości na zjawiska Nowej Fizyki, które są planowane przy nowych zderzaczach elektron-pozyton z precyzją znacznie przekraczającą dokładność dotychczasowych pomiarów. Plany budowy urządzeń tego typu są fazie prac projektowo-badawczych (CERN, Chiny, Japonia). Te nowe pomiary doświadczalne byłyby kompletnie bezużyteczne, jeśliby obliczenia teoretyczne w ramach MS nie osiągnęły precyzji (nieoznaczoności) porównywalnej z eksperymentem! W przygotowaniach do budowy nowych zderzaczy elektron-pozyton, oprócz innych wyzwań związanych z technikami akceleracji cząstek, rejestracji produktów zderzeń, przechowywania i analizy danych, obliczenia teoretyczne wysokiej precyzji proponowanego projektu, w postaci specjalistycznego oprogramowania modelującego wyniki zderzeń elektron-pozyton (metodą Monte Carlo) stanowią kluczowe zagadnienie. Będą one dotyczyć: (1) procesu produkcji par mionów w okolicy maksimum rezonansowego bozonu Z celem pomiaru stałej oddziaływań elektromagnetycznych na odległościach 100 razy mniejszych niż rozmiar protonu, (2) obserwacji rozpadów bozonu Z na niewidzialne neutrino, z towarzyszącym fotonem, celem odkrycia nowego rodzaju sterylnego neutrino (3) poszukiwania łamania zachowania liczby leptonowej w rozpadach bozonu Z i leptonu tau. Każdy z tych pomiarów może rzucić nowe światło na zagadki Nowej Fizyki, a obliczenia planowanego projektu mają na celu udowodnienie, że są one wykonalne od strony teoretycznej. Uzyskane wyniki będą opublikowane w czasopiśmie naukowych, ale też większość ich będzie wykorzystana w przygotowywanym projekcie (Conceptual Design Report) kołowego zderzacza elektronowego FCC w ośrodku CERN. Raport ten ma być gotowy w r. 2019, kiedy ma być powzięta decyzja jaki typ następnego zderzacza ma powstać w CERN.