

Poszukiwanie rozszerzeń Modelu Standardowego w pomiarach precyzyjnych (streszczenie popularnonaukowe)

Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza

Od momentu sformułowania na początku lat 70-tych ubiegłego stulecia, Model Standardowy oddziaływań elementarnych (SM) jest zdolny opisać wszystkie rezultaty doświadczeń w ziemskich laboratoriach, mimo ich rosnącej precyzji i energii zderzeń dostępnej w akceleratorach. Ten niezwykle sukces został zwieńczony odkryciem w CERN w roku 2012 bozonu Higgosa. Tym niemniej, prowadzone w ostatnich dekadach kosmologiczne obserwacje ciemnej materii i ciemnej energii, stanowiących większość masy Wszechświata, nie dają się wyjaśnić w ramach SM.

Badania astrofizyczne, wraz z pewnymi teoretycznymi niedoskonałościami SM, sugerują że on jest tylko pewnym przybliżeniem, częścią ogólniejszej teorii opisującej Naturę. Poszukiwania takiej teorii są kluczowe dla pogłębienia naszego zrozumienia praw rządzących Wszechświatem. Nie jest to zadanie łatwe, i można realizować je różnymi sposobami. Najbardziej spektakularnym sposobem potwierdzenia istnienia nowych oddziaływań byłoby bezpośrednie odkrycie ciężkich cząstek w akceleratorach wysokich energii. Dotychczas się to jednak nie udało, a budowa potężniejszych urządzeń potrwa wiele lat. Inne podejście polega na analizie precyzyjnych pomiarów w już prowadzonych eksperymentach, szukając efektów kwantowych poprawek od nowych cząstek do oddziaływań znanych obiektów - mogą się one przejawiać nawet jeżeli takie cząstki są za ciężkie aby mogły być wyprodukowane w istniejących akceleratorach.

W naszym projekcie przeprowadzimy badania teoretyczne mające na celu znalezienie dowodów istnienia fizyki poza SM używając drugiej z tych metod, to jest wykorzystując w tym celu precyzyjne dane z doświadczeń prowadzonych obecnie i planowanych do uruchomienia w bliskiej przyszłości.

Jest to szczególnie aktualne, jako że nowa generacja eksperymentów ukierunkowanych właśnie na zwiększenie dokładności pomiarów (głównie przez znaczne podniesienie statystyk cząstek obserwowanych w detektorach) już działa albo rozpocznie pracę w ciągu kilku lat, na długo zanim mają szansę powstać nowe akceleratory zdolne poszerzyć zakres poszukiwań bezpośrednich. W szczególności, nasze badania oprzemy o w wyniki z planowanej fazy "High Luminosity" rozbudowy LHC, z "fabryk" ciężkich mezonów B (Belle-II, BaBar), z nowej generacji wielkich detektorów neutrinowych (HyperK, DUNE) i z wielu innych. Już obecnie opublikowały one pewne wyniki sugerujące (jeżeli zostaną potwierdzone) istnienie pewnych odchyżeń od przewidywań SM w rzadkich rozpadów mezonów B .

Metodyka

Nasze badania skoncentrują się na trzech głównych kierunkach. Dwa z nich dotyczą analizy zjawisk szczególnie wrażliwych na efekty nowych oddziaływań - jedna grupa to procesy rozpraszania i rozpadów ciężkich bozonów wektorowych i bozonu Higgosa, druga to przejścia między różnymi typami (generacjami) leptonów i neutrin. Naszym podstawowym narzędziem będzie formalizm Efektywnej Teorii Pola (EFT), niezależny od wyboru konkretnej teorii rozszerzającej SM. Trzecim głównym zadaniem projektu jest rozwój pakietów komputerowych ułatwiających obliczenia w ramach EFT, dostępnych dla całej społeczności fizyków wysokich energii.

Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki

Rozszerzenie naszej wiedzy na temat najbardziej podstawowych praw przyrody jest od stuleci najważniejszym celem badaczy Natury. Nasz projekt pomoże zbliżyć się do tego celu i zrozumieć skalę energii i strukturę oddziaływań "nowej fizyki", poszukując jej śladów w precyzyjnych pomiarach oddziaływań cząstek tworzących SM. Zebrane informacje o dozwolonym zakresie mas i sprzężeń nowych cząstek będą także ważną wskazówką ułatwiającą ich bezpośrednie poszukiwania w LHC albo w przyszłych akceleratorach.