

Streszczenie

W niniejszej rozprawie doktorskiej badamy wpływ ograniczeń eksperymentalnych (wynikających z pomiarów precyzyjnych procesów z udziałem pól modelu standardowego) oraz ograniczeń teoretycznych (wynikających z wymogów spójności rozważanego modelu) na perspektywy pośrednich poszukiwań fizyki spoza modelu standardowego. Ten program może to być realizowany w ramach dwóch różnych, ale komplementarnych podejść: oddolnego (ang. bottom-up) i odgórnego (ang. top-down). Podejście oddolne polega na badaniu różnic między danymi eksperymentalnymi a przewidywaniami modelu standardowego (SM), bez zakładania konkretnej formy bardziej fundamentalnej teorii. W obliczu braku bezpośrednich odkryć nowych cząstek w eksperymentach akceleratorowych oraz przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) osiągającym swój limit energii, to podejście staje się coraz powszechniejsze przy poszukiwaniach nowej fizyki. Z kolei podejście odgórne opiera się na analizie konkretnych rozszerzeń modelu standardowego zaproponowanych w celu zaadresowania jednego lub wielu jego ograniczeń. W tej pracy prezentujemy trzy odrębne, ale uzupełniające się przykłady badań opartych na tych podejściach, oferujące szerszą perspektywę na niektóre z aktualnych obszarów zainteresowań w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych. Na początek, prezentujemy dwa projekty podążające podejściem “oddolnym” w poszukiwaniach fizyki BSM. Wynikiem pracy nad pierwszym z nich, “**SmeftFR** v3 – generator reguł Feynmana dla efektywnego rozszerzenia modelu standardowego”, jest narzędzie numeryczne zaprojektowane do obliczeń w efektywnym rozszerzeniu modelu standardowego (SMEFT). SMEFT pozwala na parametryzację fizyki BSM za pomocą operatorów wyższych wymiarów skonstruowanych z pól modelu standardowego (SM), dzięki czemu możliwe jest badanie fizyki BSM w sposób niezależny od konkretnego modelu. Choć bardzo użyteczny, SMEFT charakteryzuje się wysokim poziomem skomplikowania i tego rodzaju narzędzia okazują się niezbędne do efektywnych obliczeń w ramach SMEFT. Drugi projekt, “Produkcja pary bozonów Higgsa poprzez fuzję bozonów wektorowych (VBF) z uwzględnieniem wyższych wyrazów rozwinięcia (NLO) w SMEFT”, prezentuje szczegółowe obliczenia (wykorzystując opisany wcześniej pakiet **SmeftFR** v3) dotyczące konkretnego procesu uwzględniając efekty operatorów bozonowych wyższych rzędów: wymiaru-6 i wymiaru-8. Jako wynik otrzymaliśmy oszacowanie maksymalnego wzmocnienia tego procesu w ramach SMEFT dla przyszłego eksperymentu akceleratorowego High Luminosity LHC (HL-LHC). Trzeci projekt badawczy, “Fermiony wektorowe, rzeczywisty skalar i fenomenologia bozonu Higgsa”, jest reprezentatywnym przykładem podejścia “odgórnego” do poszukiwań nowej fizyki. Zakładając konkretny skład cząstek BSM — fermiony wektorowe (VLF) i rzeczywisty skalar — zdefiniowaliśmy teoretyczne ograniczenia dla parametrów tych modeli i oszacowaliśmy ich możliwy wpływ na proces produkcji pary bozonów Higgsa w fuzji gluonowej, na pomiary precyzyjnych obserwabli elektroślabych, elektroślabej przejścia fazowego oraz unifikacji stałych sprzężenia. Dodatkowo zaprezentowaliśmy przykład dopasowania (ang. matching) ze sobą SMEFT i rozważanych rozszerzeń modelu standardowego poprzez VLF i rzeczywisty skalar, zapewniając pomost między dwoma podejściami. Chociaż wszystkie trzy projekty badawcze osobno stanowią wartościowe przykłady jakościowych badań w fizyce wysokich energii, ich połączenie ujawnia i podkreśla pośrednie poszukiwania jako obiecujące podejście do poszukiwania nowej fizyki.