

Rozwój fizyki opiera się w dużej mierze na postępie w precyzyjnym opisie zjawisk fizycznych, co umożliwi rozpoznanie nieodkrytych obszarów badawczych. Celem niniejszego projektu jest głębsze oraz bardziej precyzyjne zrozumienie podstawowej teorii cząstek elementarnych znanej jako Model Standardowy. Nowa wiedza którą spodziewamy się uzyskać powinna pozwolić na badanie możliwych rozszerzeń tego modelu w obszarze teorii obejmującym neutrina z niespotykaną do tej pory możliwością przewidywać.

W obecnej chwili wiemy o Modelu Standardowym bardzo dużo. Obejmuje on wszystkie podstawowe oddziaływania z wyjątkiem grawitacji oraz przewiduje określoną liczbę cząstek elementarnych. W 2012 r. ostatecznie została potwierdzona spójność teorii poprzez odkrycie cząstki skalarnej: bozonu Higgsa, w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) ulokowanym w CERN. Poszukiwanie tej cząstki było silnie ukierunkowane przez precyzyjne obliczenia w ramach Modelu Standardowego. Analogicznie, w celu rozpoznania sygnałów Nowej Fizyki należy zrozumieć dobrze określony Model Standardowy w sposób jak najbardziej kompletny. Nie jest więc zaskoczeniem fakt, że wiele badań dotyczących Nowej Fizyki jest w istocie zaawansowaną analizą danych przy założeniu słuszności Modelu Standardowego. Nasze badania dotyczą właśnie tego typu analiz.

Od strony matematycznej, używamy pojęć zapożyczonych z analizy zespolonej, sformułowanych przez R. H. Mellina i E. W. Barnes'a na przełomie XIX i XX w. Wprowadzona przez nich metoda reprezentacji całkowych na płaszczyźnie zespolonej umożliwi obliczenie wielu klas całek Feynmana opisujących procesy rozpraszania cząstek, w szczególności efekty perturbacyjne wyższych rzędów. Dzięki temu rozwijamy odpowiednie metody i algorytmy oraz stosujemy je w celu przewidzenia subtelnych efektów, testowalnych eksperymentalnie.

W projekcie zamierzamy skupić się na precyzyjnych obliczeniach subtelnych efektów w Modelu Standardowym związanych z rozpadem bozonu  $Z$  w rezonansie. Był to jeden z najważniejszych rozpadów badanych w akceleratorze LEP (Wielki Zderzacz Elektronowo-Pozytonowy) w CERN-ie, gdzie zaobserwowano miliony zdarzeń tego typu. Planujemy wykonać obliczenia efektów Modelu Standardowego w trzecim rzędzie rachunku perturbacyjnego kwantowej teorii pola (tzw. poprawki NNNLO). Tak olbrzymia dokładność daje poprawki do obserwabli elektrosłabych na poziomie wyższym niż promil. Poprawki te są czułe na masy kwarku top, bozonów cechowania  $W^\pm$  i  $Z^0$ , bozonu Higgsa oraz, potencjalnie, nowych wirtualnych stanów materii wykraczającej poza MS. Stąd nie powinien dziwić fakt, że rezonans bozonu  $Z$  brany jest pod uwagę jako jeden z trybów pracy przyszłych akceleratorów. Jednym z urządzeń operujących z taką precyzją ma być tzw. Future Circular Collider (FCC) w trybie pracy elektron-pozyton (FCC-ee). W FCC-ee przewidywana jest zawrotna statystyka ( $10^{12}$  rozpadów bozonu  $Z$ ), co umożliwi przyjrzenie się bardzo rzadkim zdarzeniom w których można zaobserwować efekty Nowej Fizyki. W projekcie zbadamy jak precyzyjne pomiary i obliczenie poprawek wyższych rzędów w Modelu Standardowym wpływają na możliwość odkrycia ciężkich neutrin. Badanie nowych efektów w fizyce neutrin jest jednym z intensywnie rozwijanych tematów we współczesnej fizyce cząstek elementarnych. Wiedza ta ma również znaczenie dla rozwoju i zrozumienia astrofizyki i kosmologii Wielkiego Wybuchu, leptogenezy i bariogenezy, ciemnej materii.

Podjęte badania naukowe są złożone oraz prowadzone we współpracy z cenionymi naukowcami z USA, Niemiec, Francji oraz Hiszpanii. Dzięki temu również lokalna grupa badająca cząstki elementarne w Polsce zostanie wzmocniona poprzez pracę w wymagającym, międzynarodowym środowisku, oraz otrzyma szansę na podtrzymanie wysokiego poziomu badań.