

Model Standardowy (MS) fizyki cząstek elementarnych jest teorią opisującą wszystkie znane nam obecnie cząstki i ich wzajemne oddziaływania. Niemal wszystkie jego przewidywania zostały potwierdzone eksperymentalnie – w roku 2012 odkryto ostatni brakujący element MS, *bozon Higgsa*. Potwierdzenie istnienia tej cząstki, przewidzianej teoretycznie w latach 60., zwiędziło nasz obraz fizyki na najmniejszych odległościach. Ten milowy krok w stronę zrozumienia Wszechświata został osiągnięty przez eksperymenty ATLAS i CMS, działające przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w CERN-ie koło Genewy. LHC jest największym akceleratorem na świecie; pozwala rozpędzać protony do prędkości niezmiernie bliskich prędkości światła. Zgodnie z Einsteińską zasadą równoważności masy i energii, $E = mc^2$, ogromne energie zderzanych protonów pozwalają na produkcję nowych masywnych cząstek. Detektory eksperymentów ATLAS i CMS zbudowane w oparciu o najnowsze technologie dają unikalny wkład w nasze zrozumienie fizyki cząstek.

Chociaż przewidywania MS są potwierdzone z dużą dokładnością, istnieje wiele wskazówek, że nie jest to uniwersalna „teoria wszystkiego”. Najbardziej przekonujące dowody pochodzą z obserwacji kosmologicznych. MS nie wyjaśnia na przykład pochodzenia *ciemnej materii*, albo obserwowanej we Wszechświecie nadwyżki materii w stosunku do antymaterii. Z tego powodu fizycy próbują rozszerzyć tę podstawową teorię o nowe cząstki i oddziaływania.

Niestety, podczas wielu już lat badań przy LHC żadna nowa cząstka ani żaden efekt spoza MS nie zostały zaobserwowane, chociaż wiele obiecujących teorii przewidywało istnienie cząstek, które mogłyby być odkryte. Powodem może być charakter oddziaływań pomiędzy protonami (a dokładniej ich składnikami, kwarkami i gluonami), powodujący powstawanie ogromnej liczby cząstek nieatrakcyjnych z naukowego punktu widzenia, które zdecydowanie utrudniają poszukiwania nowych, nieznanych stanów. Z drugiej strony, poszukiwane cząstki mogą nie oddziaływać bezpośrednio z protonami i stąd też być produkowane wyjątkowo rzadko.

Żeby w pełni wykorzystać odkrycie bozonu Higgsa, społeczność fizyków cząstek jest zgodna co do konieczności dalszych badań jego własności. Można to osiągnąć dzięki budowie nowej wielkiej maszyny zderzającej elektrony z ich antycząstkami, pozytonami. Taki międzynarodowy następca LHC oferowałby komplementarne podejście pozwalające nie tylko na wykonywanie bardzo precyzyjnych pomiarów znanych już cząstek, ale także na szukanie nowych. W takich eksperymentach można poszukiwać zjawisk nieuchwytnych w LHC, ponieważ leptony oddziałują jedynie elektromagnetycznie i słabo. Obecnie rozważane są 4 różne projekty „Fabryki Higgsa”: Future Circular Collider (planowany w CERN-ie), Circular Electron-Positron Collider (Chiny), International Linear Collider (Japonia) i Compact Linear Collider (CERN). Pomimo technicznych różnic w tych projektach każdy z kolajderów znacznie poszerzyłby naszą wiedzę nt. fizyki cząstek. Niemniej wszystkie te projekty są wciąż rozwijane. Jednym z problemów, które wciąż muszą zostać rozwiązane, jest realistyczna symulacja egzotycznych procesów, które mogłyby zostać zaobserwowane w tych eksperymentach.

Tak długo, jak przyszłe maszyny nie są gotowe na zbieranie danych, każda analiza ich działania musi być oparta na symulacjach. Najpierw należy wygenerować pseudo-dane: symulowane próbki przypadków odzwierciedlające naszą wiedzę o oddziaływaniach pomiędzy zderzającymi cząstkami. Na przykład w zderzeniu elektronu z pozytonem może powstać para mionów. Na tym etapie konieczne jest oszacowanie, jak często występuje ten proces i jaka jest kinematyka mionów. Ta informacja powinna być przetworzona, uwzględniając efekty doświadczone, np. precyzję pomiaru. Tylko wtedy rzetelna analiza możliwości przyszłych maszyn jest możliwa. Mimo że ta procedura analizy jest powszechnie stosowana, zarówno symulacja przypadków, jak i modelowanie odpowiedzi detektora wymagają ciągłego ulepszania.

W ramach projektu chcielibyśmy odnieść się do kwestii związanych z precyzyjną symulacją procesów fizycznych. Po pierwsze, chcemy skupić na się procesach z udziałem fotonów. Niektóre znaczące procesy mogą być zainicjowane przez fotony emitowane przez elektrony i pozytony. Jeśli te fotony mają niskie energie, konieczne jest uwzględnienie wielu poprawek i symulacja komputerowa zajmuje dużo czasu. Żeby tego uniknąć, można użyć podejścia *Equivalent Photon Approximation*, które pozwala ukryć prawdziwe pochodzenie fotonów. Ten pomysł został zaprezentowany już 100 lat temu, ale wciąż brakuje jego właściwej implementacji dopasowanej do energii przyszłych zderzaczy. Chcemy uzupełnić tę lukę, przygotować właściwy opis zjawiska i zaimplementować do jednego z najpopularniejszych generatorów przypadków, Whizarda.

Druga część projektu będzie dotyczyła symulacji i rekonstrukcji egzotycznych przypadków. W świetle braku obserwacji efektów spoza MS naukowcy stworzyli koncept Słabo Oddziałujących Masywnych Cząstek (FIMP). Większość standardowych poszukiwań zakłada, że nowe cząstki rozpadają się natychmiast, i opiera się na poszukiwaniu w detektorze śladów produktów takich rozpadów. Z drugiej strony FIMPy mogą pokonać w detektorze przed rozpadem makroskopowe odległości, więc mierzone ślady mogą nie wychodzić z punktu zderzenia elektronu i pozytonu tak jak w „typowym” przypadku. Jednak standardowe algorytmy odtwarzające tory cząstek nie były tworzone z myślą o takich przypadkach. W projekcie chcemy zająć się tą kwestią (jak również innymi, związanymi z egzotycznymi procesami) poprzez testy i korektę istniejących procedur.