

Obecna teoria oddziaływań cząstek elementarnych nosi nazwę Modelu Standardowego. Zgodność jej przewidywań z danymi zebranymi przez kilka generacji akceleratorów cząstek jest zdumiewająca. W szczególności, pracujący obecnie, najpotężniejszy akcelerator, Wielki Zderzacz Hadronów (*Large Hadron Collider, LHC*) pozwolił na pomiary przekrojów czynnych (o których możemy myśleć jako o prawdopodobieństwach) na produkcję wielu konfiguracji cząstek. Wartości zmierzonych przekrojów pokrywają obszar 14 rzędów wielkości. I wszystkie one zgadzają się z teoretycznymi przewidywaniami Modelu Standardowego.

Jednak, zgodność teorii z doświadczeniem może być stwierdzona tylko w ramach istniejących niepewności eksperymentalnych i teoretycznych, a zwiększenie dokładności często prowadzi do ujawnienia rozbieżności między danymi a przewidywaniami. Powszechnie uważa się, że Model Standardowy będzie musiał być dla pewnych wysokich energii zastąpiony ogólniejszą teorią, bowiem nie jest on w stanie odpowiedzieć na kilka ważnych pytań, takich jak istnienie ciemnej materii, ciemnej energii, problemu hierarchii, kwantowania grawitacji, i innych.

Tym samym, niezwykle istotnym jest aby kontynuować zwiększanie precyzji zarówno dla przewidywań teoretycznych jak i pomiarów eksperymentalnych, gdyż pozwoli to, z jednej strony, na pogłębienie naszego zrozumienia Modelu Standardowego, z drugiej, na testy jego konsystencji i poszukiwania odstępstw, które mogłyby wskazać drogę do jego rozszerzeń.

Dane zebrane dotychczas przez LHC nie wykazują żadnych istotnych rozbieżności w zestawieniu z przewidywaniami teoretycznymi Modelu Standardowego. Mamy przed sobą jednak jeszcze wiele lat pracy akceleratora, które pozwolą na znaczne zwiększenie precyzji pomiarów, redukując niepewności, dla wielu przypadków, do poziomu poniżej procenta. A to daje szansę okrycia kilku sekretów skrywanych przez cząstki elementarne.

Odpowiedzi na powyższe pytania będą jednak możliwe tylko wtedy gdy nowe, niezwykle precyzyjne dane z LHC, będą mogły być porównane do przewidywań teoretycznych o zbliżonej dokładności. Te ostatnie są jednak obecnie niedostępne, gdyż niepewności teoretyczne w większości przypadków przekraczają te z jakimi spodziewa się uzyskać dane z LHC w najbliższych latach. Tak więc, celem proponowanego projektu jest przesunięcie granicy dokładności przewidywań teoretycznych dla kilku kluczowych procesów mierzonych na LHC na nowy poziom. Pozwoli to nie tylko ulepszyć wyniki teoretyczne, ale doprowadzi również do zwiększenia precyzji danych, gdyż większość analiz eksperymentalnych korzysta z przewidywań teoretycznych, a duże niepewności tych ostatnich stanowią główne źródło błędów systematycznych mierzonych wielkości.

Proponowane badania skupiają się na procesach produkcji bozonów Z i W , cząstek pośredniczących w oddziaływaniach słabych, oraz produkcji pary, najcięższych znanych obecnie, kwarków top. Procesy te używane są regularnie do wyznaczania wielu fundamentalnych parametrów Modelu Standardowego, takich masy cząstek, stałe sprzężenia, rozkłady partonowe. Zwiększona precyzja wyników teoretycznych będzie miała zatem bezpośredni i natychmiastowy wpływ na redukcję niepewności z jakimi powyższe fundamentalne parametry mogą być wyznaczone. A to pozwoli na ustalenie czy Model Standardowy jest wewnątrznie spójną teorią czy może wykazuje on niespójności, które usunięte mogą być tylko przez nową fizykę.

Przewidywania teoretyczne otrzymywane są w formie szeregu, którego każdy następny człon jest mniejszy od poprzedniego. Im więcej członów zostanie włączonych, tym dokładniejszy jest wynik. Okazuje się, że w wielu przypadkach, zbieżność szeregu jest powolna. Dla teoretyków oznacza to potrzebę obliczenia przynajmniej czterech pierwszych członów, tak aby uzyskane wyniki były wystarczająco dokładne do pełnego wykorzystania potencjału pomiarów na LHC.

Wyliczenie wkładów od czwartego członu szeregu jest przedmiotem przedkładanego projektu badawczego. Będzie wymagać ono użycia najbardziej zaawansowanych idei i metod fizyki teoretycznej, a także znacznej pracy ze względu na złożoność typową dla obliczeń tak wysokiej precyzji.

Wysiłek ten jest jednak warty podjęcia bowiem, w momencie gdy planowane wyniki zostaną uzyskane, znajdziemy się znacznie bliżej odpowiedzi na jedno z najbardziej podstawowych pytań naukowych naszych czasów: czy Model Standardowy jest teorią wystarczającą dla energii dostępnych obecnie na akceleratorach cząstek, czy, być może, Natura przygotowała dla nas niespodzianki, które czekają tuż za rogiem, aby zostać odkryte.