

**Nr rejestracyjny: 2015/18/M/ST2/00054; Kierownik projektu: prof. zw. dr hab. czł. rzecz. PAN Stefan Pokorski**

Fizyka cz. stelek elementarnych to dział fizyki, którego celem jest poznanie podstawowych składników materii, identyfikacja i opis ich wzajemnych oddziaływań, konstrukcja teorii unifikującej możliwie wszystkie obserwowane fakty w najprostszy sposób, analiza niezrozumianych problemów i poszukiwanie nowych teorii mogących je uwzględnić. W badaniach tych istotne jest sprzeczanie zwrotne między hipotezami teoretycznymi i danymi doświadczalnymi. Tylko takie podejście prowadzi do istotnych odkryć. Przykładowo, kwark t został odkryty nie dlatego, że w danych z Tevatron-u pojawiły się przypadki z dwoma leptonami, dwoma kwarkami b i pewną energią brakującą. Nowy kwark został odkryty, bo istniała teoria przewidująca jego istnienie i pozwalająca zinterpretować doświadczone obserwacje. Niniejszy projekt jest zgłaszany przez teoretyków i dotyczy on teoretycznych aspektów odkrycia tego rodzaju.

Oddziaływania elementarne, struktura materii i historia Wszechświata są ze sobą ściśle powiązane. Z upływem czasu obserwujemy fascynującą i zarazem ewoluującą historię pytań i problemów, ale główny cel badań pozostaje niezmienny przez wieki: odkrycie podstawowych składników materii i ich oddziaływań oraz zrozumienie historii Wszechświata od możliwie najwcześniejszego momentu. Pojęcie elementarności zmieniało się z czasem (od atomów przez jony i hadrony do kwarków i leptonów) i wzrastała liczba podstawowych oddziaływań (gravitacja, elektromagnetyzm, oddziaływania silne i słabe). Po 100 latach badań i po przełomowych rewolucjach w fizyce odkrycia Henriego Becquerela, Marii Skłodowskiej-Curie, Piotra Curie i Ernesta Rutherforda zostały w końcu prawie zrozumiane w ramach kwantowej teorii pola. Model Standardowy (MS) oddziaływań silnych, elektromagnetycznych i słabych jest wspólną teorią opisującą wszystkie obecnie dostępne dane z fizyki cz. stelek i wyjaśniającą takwałe wydarzenia w historii Wszechświata, jak mająca miejsce po Wielkim Wybuchu nukleosynteza i powstanie atomów.

Obecnie znamy strukturę materii i oddziaływania podstawowe dla odległości do  $10^{-18}$  m, co odpowiada czasowi od  $10^{-11}$  s po Wielkim Wybuchu. Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w CERN-ie zaczął badania w zakresie energii rzędu TeV, co oznacza przebieg do odległości  $10^{-19}$  -  $10^{-20}$  m i czasów  $10^{-13}$  s po Wielkim Wybuchu.

Odkrycie bozonu Higgsa w pierwszej fazie eksperymentów na akceleratorze LHC ostatecznie potwierdziło poprawność MS, przynajmniej jako teorii efektywnej przy skali energii rzędu 100 GeV. Mimo tego fizycy cz. stelek elementarnych, kosmologowie i astrofizycy cz. stelek zmagają się nadal z kilkoma najbardziej podstawowymi pytaniami dla całej nauki: co zapewnia kwantową stabilność masy cz. stelek elementarnych, jakie jest wyjaśnienie hierarchii mas kwarków i leptonów, czym jest ciemna materia we Wszechświecie, jak wyjaśnić obserwowaną w nim dominację materii nad antymaterią. Oznacza to, że MS nie jest Teorią Wszystkiego i z całą pewnością wymaga rozszerzenia lub uzupełnienia.

Dotychczasowe badania teoretyczne i doświadczalne nad fizyką wykraczającą poza MS koncentrowały się przede wszystkim na ideach, w których główną rolę odgrywały nowe cz. stelek niesące ładunki kolorowe Chromodynamiki Kwantowej, a wiązki oddziaływały silnie. Cz. stelek takie powinny być odkryte już w pierwszej fazie działania LHC, jeżeli ich masy są co najwyżej około 1 TeV, ale nie zostały odkryte. Fakt ten uzasadnia hipotezę, która będzie przedmiotem badań tego projektu: Fizyka oddziaływań elementarnych wykraczająca poza MS nie zawiera cz. stelek kolorowych albo są one znacznie cięższe niż 1 TeV. Ta hipoteza o bezkolorowej drodze poza MS może wyjaśnić wspomniane fundamentalne pytania pozostawione bez odpowiedzi w ramach MS, bez konfliktu z wynikami LHC. Jej eksperymentalna weryfikacja jest znacznie trudniejsza niż odkrywanie cz. stelek kolorowych, gdyby istniały z masami w zasięgu drugiej fazy eksperymentów LHC, i wymaga badań zarówno nad strukturą teoretyczną takich rozszerzeń MS i naturą nowych cz. stelek bez koloru, motywowanych szukaniem odpowiedzi na powyższe pytania wykraczające poza MS jak i nad eksperymentalnymi sygnaturami takich cz. stelek.