

Proponowany projekt badawczy opiera się na współpracy między grupą teoretyczną z Katedry Fizyki Oddziaływań Elementarnych i Kosmologii w Instytucie Fizyki Teoretycznej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego a grupą doświadczalną na Wydziale Fizyki i Technologii Uniwersytetu w Bergen. Jego treścią są badania podstawowe, których celem jest wkład do znalezienia głębszej od Modelu Standardowego teorii oddziaływań elementarnych, wyjaśniającej historię wczesnego wszechświata.

Dwa podstawowe fakty składające się na obecny stan wiedzy w fizyce oddziaływań elementarnych to, po pierwsze wielki sukces Modelu Standardowego, potwierdzony odkryciem cząstki Higgsa, i jego konsekwencje dla kosmologicznej historii wszechświata od kilku milionowych części sekundy po Wielkim Wybuchu, potwierdzone przez wiele obserwacji astrofizycznych. Po drugie, mimo swojego sukcesu, Model Standardowy nie wyjaśnia kilku zagadek w historii bardzo wczesnego wszechświata. Co więcej, struktura teoretyczna samego Modelu Standardowego mocno sugeruje istnienie głębszej teorii. Dwie główne zagadki bardzo wczesnego wszechświata to istnienie ciemnej materii i ciemnej energii (niewyjaśnione przez Model Standardowy) oraz dominacja materii nad antymaterią. Każda próba wyjaśnienia tej drugiej także wymaga uogólnienia Modelu Standardowego. W szczególności, silniejszego niż w Modelu Standardowym naruszenia symetrii CP. Co więcej, interesująca możliwość bariogenezy przy elektroslabym przejściu fazowym około 10^{-10} sek po Wielkim Wybuchu wymaga dodatkowo by elektroslabe przejście fazowe było 1go rzędu (w Modelu Standardowym jest ono znacznie słabsze, rzędu 2go). Wspomniane wyżej aspekty teoretyczne Modelu Standardowego, które powinny mieć głębsze wyjaśnienie to zaskakująca hierarchia skal masy Higgsa i skali Plancka (skali, przy której oddziaływania grawitacyjne stają się równie silne jak pozostałe oddziaływania elementarne), brak teorii wyjaśniającej widmo mas kwarków i leptonów i ich mieszania, czy istnienie takich "przypadkowych" symetrii jak np. zachowanie liczby barionów. Wydaje się bardzo prawdopodobnym, że niewyjaśnione przez Model Standardowy zagadki wczesnego wszechświata wiążą się ze wspomnianymi "brakami" samego Modelu Standardowego i obie te rzeczy znajdą wyjaśnienie w ramach tej samej głębszej struktury teoretycznej. Istnienie nowych symetrii (jak np. supersymetria), dodatkowych wymiarów, nowych oddziaływań i nowych cząstek rzuciłoby światło na oba aspekty.

Nowym elementem obecnej sytuacji w fizyce oddziaływań elementarnych jest fakt, że żadna z zaproponowanych idei teoretycznych w kierunku rozszerzenia Modelu Standardowego nie znalazła na razie potwierdzenia doświadczalnego. Może oczywiście być tak, że skale energii (mas) charakterystyczne dla głębszej teorii są poza zasięgiem akceleratora LHC i poza zasięgiem precyzji osiągananej w innych doświadczeniach. Ale możliwe jest też, że efekty wykraczające poza przewidywania Modelu Standardowego pozostają wciąż ukryte z innych powodów. Analiza danych doświadczalnych pod kątem szukania odstępstw od przewidywań Modelu Standardowego jest bardzo skomplikowana i jest praktycznie niemożliwa bez wskazówek teoretycznych. Ale prace teoretyczne proponują wiele różnych pomysłów i modeli. Ich sprawdzenie doświadczalne, model po modelu, jest także niemożliwe. A brak potwierdzenia doświadczalnego dla konkretnego modelu ma niewielkie znaczenie dla konstrukcji głębszej teorii. Po drugie, mimo istnienia wielu modeli, żaden z nich może nie być wystarczająco bliski rzeczywistości.

W obecnym projekcie badań koncentrujemy się na kilku sygnaturach doświadczalnych, które są typowe dla szerokiego widma modeli rozszerzających Model Standardowy, a nawet dla ewentualnej nowej fizyki nie mającej jeszcze konkretnego opisu teoretycznego. Przewodnią zasadą tego wyboru jest dążenie do wyjaśnienia czym jest ciemna materia, jakie są ewentualne źródła dodatkowego naruszenia symetrii CP, potrzebnego do wyjaśnienia obserwowanej dominacji materii nad antymaterią, i do wyjaśnienia charakteru elektroslabego przejścia fazowego.

Naszym celem jest znalezienie najlepszych strategii dla zaobserwowania tych sygnatur w kolejnych fazach doświadczeń na akceleratorze LHC, strategii opartych na wskazówkach płynących z szerokiego widma istniejących i nowych modeli teoretycznych. Rozwinięte będą nowe techniki analizy danych doświadczalnych, oparte na Uczeniu Maszynowym, i zaproponowane będą nowe koncepcje teoretyczne. Ewentualne sygnały doświadczalne wykraczające poza przewidywania Modelu Standardowego będą analizowane pod kątem ich interpretacji teoretycznej