

Ponad 80% materii we Wszechświecie składa się z ciemnej materii, której pochodzenie jest nieznane. Istnienie ciemnej materii jest niezaprzeczalnym dowodem na istnienie Nowej Fizyki wykraczającej poza Model Standardowy oddziaływań fundamentalnych i to jaka cząstka lub cząstki stanowią ciemną materię pozostaje jedną z największych tajemnic natury. Przez wiele lat eksperymentalny program poszukiwań ciemnej materii opierał się na teoretycznym założeniu, że ciemna materia posiada ładunek oddziaływania słabego. To podejście nie doprowadziło do odkrycia ciemnej materii. Stanowi to silną przesłankę na istnienie Ciemnego Sektora zdefiniowanego jako zbiór cząstek, w tym cząstek ciemnej materii, nie posiadających ładunków oddziaływań Modelu Standardowego czyli neutralnych ze względu na oddziaływania silne, elektromagnetyczne i słabe. Cząstki Ciemnego Sektora mogą natomiast posiadać ładunki nieznanymi dotąd oddziaływań.

W tym projekcie proponujemy i systematycznie rozwijamy hipotezę, że fizyka Ciemnego Sektora jest odpowiedzialna nie tylko za wyjaśnienie zagadki ciemnej materii, lecz również za rozwiązanie innych problemów Modelu Standardowego. Wśród tych problemów można wyróżnić nieznaną mechanizm wytworzenia obserwowanej we Wszechświecie nadwyżki materii and antymaterią, który nosi nazwę bariogenezy. Ponadto Model Standardowy cierpi na problem związany z zupełnie niezrozumiałą ogromną hierarchią między skalą elektroslabą, przy której dochodzi do unifikacji oddziaływań elektromagnetycznego i słabego, rzędu 100 GeV i skali Plancka, przy której spodziewane są efekty kwantowej grawitacji, rzędu 10^{19} GeV.

W ramach tego projektu zostanie przebadanych wiele nowych kandydatów na ciemną materię w ramach istniejących i nowych modelach Ciemnego Sektora podejmujących również próbę rozwiązania wyżej wymienionych problemów Modelu Standardowego. Wśród badanych cząstek, będących kandydatami na ciemną materię, będą również takie, które posiadają ładunek nowych oddziaływań długozasięgowych i mogą mieć wpływ na różne interesujące zjawiska astrofizyczne.

Zostanie również zbadane czy w historii kosmologicznej modeli Ciemnego Sektora mogło mieć miejsce silne przejście fazowe pierwszego rodzaju prowadzące do udanej bariogenezy. W szczególności zostanie zbadane czy wpływ Ciemnego Sektora na elektroslabe przejście fazowe, które w ramach Modelu Standardowego jest drugiego rodzaju, może prowadzić do elektroslabego przejścia fazowego pierwszego rodzaju. Ponadto, badane będą też przejścia fazowe związane z łamaniem symetrii Ciemnego Sektora i ich ewentualny związek z bariogenezą. Szczególna uwaga zostanie poświęcona badaniu czy analizowane przejścia fazowe pierwszego rodzaju mogły być źródłem wystarczająco silnego sygnału fal grawitacyjnych, by mogły one być zaobserwowane w planowanych eksperymentach poszukujących tych fal.

Projekt zbiega się w czasie z bardzo bogatym i różnorodnym programem eksperymentalnym, zawierającym nowe eksperymenty badające mikrofalowe promieniowania tła, eksperymenty dedykowane poszukiwaniu ciemnej materii oraz trzecią fazę działania akceleratora LHC. Wyniki tych eksperymentów będą motorem naszych działań w konstruowaniu nowych modeli Ciemnego Sektora, co pozwoli nam również zidentyfikować nowe sygnatyry doświadczalne Ciemnego Sektora. Ewentualne sygnatyry doświadczalne, których nie będzie można wyjaśnić w ramach Modelu Standardowego, będą interpretowane w ramach modeli Ciemnego Sektora i posłużą do stworzenia nowych koncepcji teoretycznych.

Ostatecznym celem projektu jest rzucenie nowego światła na strukturę Ciemnego Sektora, co przybliży nas do jego odkrycia.