

Nasza obecna wiedza o cząstkach elementarnych i ich oddziaływaniach jest zawarta w teorii nazywanej Modelem Standardowym. Model Standardowy zawiera informacje o wszystkich fundamentalnych siłach występujących w przyrodzie, poza grawitacją, która jest opisana przez teorię względności. W skład tych sił wchodzi oddziaływanie elektromagnetyczne oraz słabe, które są zunifikowane w postaci oddziaływań elektro-słabych, jak również oddziaływania silne, opisane przez chromodynamikę kwantową (QCD), które prowadzą do powstania sił jądrowych odpowiedzialnych za stabilność jąder atomowych.

Wraz z odkryciem bozonu Higgsa, w wielkim zderzacz cząstek (LHC) w Genewie w Szwajcarii, Model Standardowy stał się kompletną teorią, dostarczającą precyzyjnego opisu obserwowanych zjawisk. Jednakże, istnieją istotne powody (pochodzące z obserwacji astrofizycznych oraz rozważań teoretycznych) sugerujące, że istnieje tzw. nowa fizyka, wykraczająca poza Model Standardowy. Modele teoretyczne starające się opisać tę “nową fizykę” przewidują istnienie nowych cząstek elementarnych. Poszukiwania tych nowych cząstek odbywają się przy pomocy zderzaczy. Zderzacze są to maszyny przyspieszające cząstki do ogromnych prędkości (bliskich prędkości światła) i zderzające je, pozwalając przy tym na produkcję nowych wcześniej nie obserwowanych cząstek (takich jak bozon Higgsa). Zderzacz LHC, mający obwód 27 km, jest największą w historii maszyną tego typu i to właśnie tutaj prowadzone są obecnie poszukiwania nowej fizyki.

Wyniki uzyskiwane w LHC, jak również innych akceleratorach zderzających hadrony (protony i/lub jądra atomowe), są bardzo skomplikowane i nie jest możliwa ich interpretacja bez odpowiednich obliczeń teoretycznych, z którymi te wyniki mogą zostać porównane. Dlatego, aby w pełni wykorzystać bardzo dokładne pomiary z LHC niezbędne są obliczenia teoretyczne mające podobną dokładność jak te pomiary. Jednym z niezbędnych elementów potrzebnych do wykonywania precyzyjnych obliczeń teoretycznych są funkcje rozkładu partonów (PDF), które opisują strukturę hadronów (protonów lub jąder ołowiu) w postaci podstawowych składników Modelu Standardowego (kwarków i gluonów). Wielkości te nie mogą być w pełni obliczone w obrębie chromodynamiki kwantowej i dlatego muszą być wyznaczone w procesie tzw. globalnej analizy QCD, wykorzystującej zarówno informacje teoretyczne jak i dane eksperymentalne.

Celem tego projektu jest wykorzystanie nowych danych z LHC oraz najdokładniejszych obliczeń teoretycznych w globalnej analizie QCD w celu podniesienia precyzji obecnie znanych PDFów do nowego poziomu. Główny nacisk projektu jest skierowany na PDFy dla ołowiu, które są znane w zdecydowanie mniejszym stopniu niż ich odpowiedniki protonowe. Jest to kluczowe, ponieważ niepewności obliczeń związane z PDFami, mają wpływ na praktycznie wszystkie procesy badane w LHC. Co więcej, często stanowią dominujący wkład do całkowitej niepewności obliczeń teoretycznych. Dlatego zmniejszenie tych błędów zwiększa możliwości wykorzystania danych z LHC w celu dokładnego pomiaru fundamentalnych parametrów Modelu Standardowego, co jest kluczowe dla poszukiwań nowej fizyki, gdzie wielkości te są różne od przewidywań Modelu Standardowego. Poprawa naszej znajomości PDFów jest również istotna dla innych zagadnień np. badaniu plazmy kwarkowo-gluonowej produkowanej w ultrarelatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów w LHC i RHIC, badaniu tzw. “zimnych efektów jądrowych”, czy badaniu ultrawysokoenergetycznych promieni kosmicznych. Wyniki tego projektu przyczynią się również do zwiększenia naszej wiedzy o strukturze jąder atomowych i protonu co samo w sobie stanowi istotną kontrybucję do poszerzenia naszego rozumienia świata.