

**Nr umowy:** UMO-2017/27/B/ST2/02004

**Tytuł:** Przewidywania najwyższej precyzji w chromodynamice kwantowej dla procesów na LHC

### **Cel projektu**

Wielki Zderzacz Hadronów (Large Hadron Collider, LHC) skończył właśnie kolejny udany okres swojej pracy. Zebrane dotychczas dane pozwoliły na przeprowadzenie setek analiz, których wyniki są nie do przecenienia dla naszego zrozumienia oddziaływań cząstek elementarnych. Obok spektakularnego odkrycia bozonu Higgsa, eksperymenty na LHC zmierzyły także wiele fundamentalnych parametrów Modelu Standardowego (SM) z bezprecedensową dokładnością.

Zakres badań przeprowadzanych na LHC jest bardzo szeroki. Dwa kierunki zasługują jednak na szczególne wyróżnienie. Pierwszym jest lepsze rozumienie Modelu Standardowego w obszarze skal typowych dla łamania symetrii elektroslabej, tj. rzędu kilkuset GeV. Drugim są poszukiwania fizyki poza Modelem Standardowym (BSM). Mimo, iż konieczność rozszerzenia Modelu Standardowego jest powszechnie akceptowana, nie potrafimy powiedzieć przy jakich energiach ma to nastąpić. Dotychczasowe dane zebrane przez LHC nie wykazują żadnych istotnych sygnałów nowej fizyki. Na szczęście, mamy przed sobą jeszcze wiele lat pracy akceleratora, co oferuje ogromne możliwości zarówno do testowania obecnego teoretycznego opisu oddziaływań cząstek jak i poszukiwań jego rozszerzeń.

Potencjał ten może być jednak w pełni wykorzystany tylko wtedy gdy precyzja naszych wyników teoretycznych będzie dorównywać dokładności danych eksperymentalnych. Pozwoli to z jednej strony na zwiększenie czułości na nową fizykę. Z drugiej, umożliwi ulepszenie analiz eksperymentalnych, gdyż ich precyzja jest zawsze ograniczana dokładnością wyników teoretycznych, z których korzystają.

Proponowany projekt badawczy stawia sobie za cel istotne zwiększenie precyzji przewidywań teoretycznych dla kluczowych procesów mierzonych na LHC: produkcji elektroslabych bozonów, Z i W, oraz produkcji pary kwarków top-anty-top.

Pomiary przeprowadzone dotychczas na LHC pozwoliły na redukcję doświadczalnych niepewności dla produkcji Z, W, top-anty-top do poziomu 0.3-3%. Głównym czynnikiem ograniczającym precyzję są błędy systematyczne wynikające z niewystarczającej dokładności przewidywań teoretycznych. Oznacza to konieczność zwiększenia precyzji wyników

teoretycznych tak aby ich niepewności zredukowane zostały do poziomu 1% lub mniej. Celem proponowanych badań jest uzyskanie takich właśnie przewidywań teoretycznych poprzez wyliczenie poprawek wyższych rzędów pochodzących od oddziaływań silnych. Ponieważ na LHC zderzane są protony, silne oddziaływania między kwarkami i gluonami są kluczowe, biorą bowiem udział w każdym zdarzeniu zarejestrowanym przez detektory.

Teorią oddziaływań silnych jest Chromodynamika Kwantowa (QCD), w ramach której możemy wykonywać systematyczne rachunki w tzw. podejściu perturbacyjnym. Przekrój czynny przybiera postać szeregu, uporządkowanego w taki sposób, że każdy następny przyczynik jest mniejszy od poprzedniego. Daje to możliwość systematycznego ulepszania wyników obliczeń poprzez dodawanie kolejnych członów. W ramach opisywanego projektu uzyskane zostaną wyniki zawierające do czterech członów w rozwinięciu perturbacyjnym, tzw. rząd N<sup>3</sup>LO + N<sup>2</sup>NNLL. Stanowią one będą najdokładniejsze przewidywania teoretyczne dla procesów produkcji Z, W, top-any-top jakie zostały kiedykolwiek uzyskane.

Proponowany projekt definiuje trzy główne cele naukowe: (i) Wyliczenie poprawek N<sup>3</sup>LO do tzw. kwarkowych, poprzecznych funkcji rozkładu, TPDFs. (ii) Użycie tych wyników do uzyskania przewidywań na przekroje czynne dla produkcji Z i W w rzędzie N<sup>3</sup>LO. (iii) Wykonanie resumacji poprawek logarytmicznych w rzędzie N<sup>2</sup>NNLL dla Z i W oraz NNLL' dla pary kwarków top-anty-top.