

Streszczenie

Twarde sondy są kluczowym źródłem informacji dla nuklearych funkcji dystrybucji partonów (nPDF), a także dostarczają cenny wgląd w plazmę kwarkowo-gluonową (QGP). W niniejszej pracy przedstawiono pomiary zderzeń ciężkich jonów z wykorzystaniem kwarków szczytowych w eksperymencie ATLAS na Wielkim Zderzaczu Hadronów. Analizowane dane ze zderzeń proton-ołów ($p+Pb$) i ołów-ołów ($Pb+Pb$) zostały zebrane za pomocą detektora ATLAS podczas drugiej kampanii zbierania danych (2015–2018) przy energii środka masy na parę nukleonów wynoszącej odpowiednio $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV i $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV.

Elektrony odgrywają ważną rolę w rozpadach pary kwarków szczytowych ($t\bar{t}$), zwłaszcza w kanałach $\ell+d\bar{z}$ i dwuleptonowych, które obejmują elektrony w stanie końcowym. Wydajność elektronów jest wyznaczona zarówno w zderzeniach $p+Pb$, jak i $Pb+Pb$, z wykorzystaniem elektronów pochodzących z rozpadu rezonansowego $Z \rightarrow e^+e^-$. Współczynniki skalujące dla elektronów zostały wyznaczone w zderzeniach $p+Pb$ i następnie zastosowane w pomiarze produkcji $t\bar{t}$. Ponadto, identyfikacja elektronów została zoptymalizowana dla zderzeń $Pb+Pb$ i stanowi obecnie podstawowe podejście w trzeciej kampanii zbierania danych (2022–2026).

Proces $t\bar{t}$ został zbadany w kanałach $\ell+d\bar{z}$ i dwuleptonowych w zderzeniach $p+Pb$. Całkowity przekrój czynny $t\bar{t}$ jest zmierzony z całkowitą względną niepewnością wynoszącą 9%, co prowadzi do najdokładniejszego dotychczas pomiaru przekroju czynnego $t\bar{t}$ w zderzeniach ciężkich jonów. Istotność sygnału przekracza pięć odchyłeń standardowych osobno w kanałach $\ell+d\bar{z}$ i dwuleptonowych, co skutkuje pierwszą obserwacją produkcji $t\bar{t}$ w kanale dwuleptonowym w zderzeniach $p+Pb$. Współczynnik modyfikacji jądrowej dla procesu $t\bar{t}$ został również wyznaczony po raz pierwszy. Wyniki są zgodne z przewidywaniami teoretycznymi dla różnych wiodących zestawów nPDF.

Produkcja par $t\bar{t}$ jest również analizowana w dwuleptonowym kanale rozpadu w zderzeniach $Pb+Pb$. Całkowity przekrój czynny $t\bar{t}$ został wyznaczony z całkowitą względną niepewnością wynoszącą 31%, co stanowi najdokładniejszy jak dotąd pomiar przekroju czynnego $t\bar{t}$ w zderzeniach $Pb+Pb$. Zaobserwowana istotność sygnału wynosi 5.0 odchyłeń standardowych, ustanawiając pierwszą obserwację procesu $t\bar{t}$ w zderzeniach $Pb+Pb$. Otrzymany wynik jest zgodny z pomiarem współpracy CMS i przewidywaniami teoretycznymi opartymi na najnowszych zestawach nPDF.

Przeprowadzone badania otwierają nową ścieżkę dla dalszych badań nad zderzeniami ciężkich jonów przy ultra-relatywistycznych energiach. Dokładny pomiar produkcji $t\bar{t}$ w zderzeniach $p+Pb$ dostarcza cennych informacji do wyznaczenia nPDF w wysokim zakresie Bjorken- x . Obserwacja procesu $t\bar{t}$ w zderzeniach $Pb+Pb$ wyznacza początek programu ciężkich jonów z udziałem kwarków szczytowych, a w szczególności otwiera możliwość badania struktury czasowej QGP w przyszłości.

28.05.2025

