

Kielce, 3 września 2020 r.

Prof. dr hab. Zbigniew Włodarczyk
Instytut Fizyki
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Opinia
o pracy doktorskiej mgr Oleksandra Kovalenko
pt. „ Measurement of π^0 and η mesons in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV
with ALICE Photon Spectrometer at CERN Large Hadron Collider”

Tematem rozprawy doktorskiej mgr. Oleksandra Kovalenko jest analiza widm mezonów π^0 i η produkowanych w zderzeniach proton-proton przy energii $\sqrt{s}=13$ TeV, rejestrowanych w eksperymencie ALICE w CERN na LHC z użyciem spektrometru fotonów (PHOS) o wysokiej rozdzielczości. Są to pierwsze pomiary produkcji lekkich neutralnych mezonów przy najwyższej energii jaką kiedykolwiek osiągnięto eksperymentalnie.

Badania neutralnych mezonów przy wysokich energiach ($\sqrt{s} \sim \text{TeV}$) są szczególnie istotne dla wyjaśnienia mechanizmów procesów produkcji wielorodnej w zderzeniach hadronowych i jądrowych, dostarczając informacji o mechanizmach powstawania i ewolucji gorącej materii partonowej. Możliwości wykorzystania widm π^0 i η rozciągają się od testowania QCD i wyznaczenia ograniczeń na modele teoretyczne w obszarach zarówno perturbacyjnych jak i nieperturbacyjnych, do weryfikacji generatorów Monte-Carlo procesów produkcji wielorodnej i konstrukcji rozkładów referencyjnych dla badań fotonów bezpośrednich.

Wykorzystanie spektrometru fotonów PHOS o wysokiej zdolności rozdzielczej (przestrzennej i energetycznej) pozwala badać fotony z wysoką precyzją w szerokim zakresie przestrzeni fazowej. Zasadniczym problemem jest analiza i interpretacja materiału eksperymentalnego. Próby poprawnego odtworzenia

rozkładów produkowanych mezonów wymagają precyzyjnych metod rekonstrukcyjnych oraz symulacji procesów produkcji cząstek i ich rejestracji w konkretnej aparaturze pomiarowej.

Przedstawiona praca oparta jest na analizie 1.5 miliarda (tylko pomiary spełniające rygorystyczne kryteria jakości) zderzeń proton-proton przy energii $\sqrt{s}=13$ TeV, zebranych w latach 2016-2018 pracy akceleratora LHC. Widma mezonów π^0 i η zrekonstruowano w obszarze pędu poprzecznego do 20 GeV/c przy pomocy kanałów rozpadu na dwa fotony: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ i $\eta \rightarrow \gamma\gamma$. Przekroje różniczkowe mezonów π^0 i η otrzymano całkując rozkłady masy efektywnej $\gamma\gamma$ w zadanych przedziałach p_T po odjęciu tła. W pracy przedstawiono szczegółowy opis wyznaczania poprawek i błędów systematycznych. Uzyskane różniczkowe przekroje czynne porównano z przewidywaniami fenomenologicznych modeli (termodynamiczny rozkład Tsallisa i model dwuskładnikowy) oraz obliczeniami wykonanymi w ramach perturbacyjnej QCD (model PYTHIA 6). Analizowano stosunek widm η/π^0 w funkcji pędu poprzecznego i porównano z danymi przy niższych energiach. Przetestowano występowanie skalowania w masie poprzecznej m_T oraz pędzie poprzecznym $x_T = p_T / \sqrt{s}$.

W wyniku wykonanej analizy wykazano, że:

- rozkłady pędu poprzecznego mezonów π^0 i η produkowanych w zderzeniach proton-proton przy energii $\sqrt{s}=13$ TeV opisywane są quasi-potęgowym rozkładem analogicznie do zachowania przy niższych energiach.
- rozkłady π^0 mnożone przez czynnik $(\sqrt{s})^n$ są zgodne z hipotezą skalowania x_T z parametrem skalowania $n \sim 5$ (mniejszym niż przy energiach RHIC lecz zgodnym z przewidywaniami NLO pQCD)
- stosunek widm η/π^0 jest zgodny z hipotezą skalowania m_T ; Wyznaczony stosunek widm $R_{\eta/\pi^0} = 0.46$ porównano z dostępnymi danymi przy energiach pokrywających 3 rzędy wielkości.

Na szczególną uwagę zasługują prace metodyczne prezentowane w rozprawie. Rozwinięto metodę otrzymywania rozkładów pędowych neutralnych mezonów π^0 i η na podstawie mierzonych fotonów pochodzących z ich rozpadu. Efektywność rekonstrukcji i czynniki akceptacyjne zostały określone. Całkowite niepewności pomiarów oszacowano na poziomie 8% dla π^0 i $\sim 20\%$ dla mezonów η .

Przedstawiona praca zawiera rzetelną i wnikliwą analizę możliwości eksperymentalnych technik pomiarowych opartych na rejestracji fotonów w spektrometrze fotonowym PHOS. Pokazuje ograniczenia i możliwości w badaniach lekkich neutralnych mezonów. Otrzymane rezultaty stanowią znaczący

wkład zrozumienie procesów produkcji wielorodnej przy najwyższej dostępnej energii.

Rozprawa doktorska (zawierająca na 132 stronach, 6 rozdziałów, 4 dodatki oraz obszerny spis literatury -162 pozycje) napisana jest bardzo starannie. Autor pracy nie uchronił się jednak przed błędami redakcyjnymi (na przykład Fig.5.3 i opis rysunku).

Niedostatkim pracy jest brak obszerniejszej dyskusji otrzymanych rezultatów. Pokazano interesujące dane dotyczące skalowania w zmiennej x_T . Wyznaczony parametr skalowania w głównej mierze odzwierciedla nachylenie widma potęgowego. Problem skalowania rozkładów pędu poprzecznego był dyskutowany w wielu pracach i wiele innych zmiennych skalujących było proponowane, osiągając dobre dopasowanie rozkładów eksperymentalnych. Dokładniejsze omówienie tego problemu i pokazanie rozkładów pędu poprzecznego neutralnych mezonów dla innych zmiennych skalujących byłoby ciekawym elementem prezentowanej pracy. Problem ten wykracza poza temat rozprawy. Powyższa uwaga nie umniejsza wartości pracy a stanowi jedynie próbę sformułowania dalszych problemów badawczych.

Wyniki pracy jak i stosowane metody świadczą o dojrzałości i samodzielności Autora oraz jego intuicji badawczej i rzetelnej, obszernej wiedzy w omawianej dziedzinie. Mgr Oleksander Kovalenko wykazał się nie tylko umiejętnościami jako eksperymentator lecz również może się legitymować pomysłowością przy opracowaniu pomiarów oraz ich interpretacji. W swojej pracy osiągnął bardzo interesujące i cenne wyniki naukowe. Forma pracy jest jasna, układ logiczny i zwarty. Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Oceniając bardzo pozytywnie poziom osiągniętych rezultatów naukowych, przedstawiam wniosek o dopuszczenie mgr. Oleksandra Kovalenko do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Módawczyk