

Prof. dr hab. **Stanisław Mrówczyński**

21 czerwca 2016 rok

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

Narodowe Centrum Badań Jądrowych
ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

**Ocena poprawionej rozprawy doktorskiej
mgr Macieja Szymańskiego**

***Femtoscopic Analysis of Baryon Correlations in Ultra-relativistic
Heavy-Ion Collisions Registered by ALICE***

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Adama Kisiela

Recenzowana rozprawa dotyczy doświadczalnego badania międzycząstkowych korelacji występujących w parach barion-barion i barion-antybarion, gdy cząstki tworzące te pary, a produkowane w zderzeniach relatywistycznych jąder atomowych, mają niewielkie pędy względne (rzędu 10-100 MeV/c). Dane doświadczalne pochodzą z eksperymentu ALICE prowadzonego przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) w Genewie. Celem przedstawionych badań, zwanych często *analizą femtoskopową* czy *femtoskopia*, było wyznaczenie czasowo-przestrzennych rozmiarów źródeł cząstek w zderzeniach jąder atomowych, a w niektórych przypadkach zmierzenia także parametrów określających oddziaływanie cząstek tworzących pary. Femtoskopia jest ważnym, aktywnie uprawianym obszarem fizyki zderzeń relatywistycznych jąder atomowych właśnie ze względu na unikalną możliwość dostarczenia informacji o czasowo-przestrzennym przebiegu tych zderzeń.

Rozprawa napisana w języku angielskim liczy przeszło 150 stron; składa się poza krótkimi *Wstępem* i *Podsumowaniem* z ośmiu rozdziałów. Pierwszy rozdział stanowi wprowadzenie w problematykę zderzeń relatywistycznych jonów. Określone są tutaj podstawowe pojęcia, przedstawione są pokrótce modele teoretyczne zderzeń relatywistycznych jonów, zaprezentowane są ważne wyniki doświadczalne. W rozdziale drugim opisany jest pokrótce Wielki Zderzacz Hadronów i układ eksperymentalny ALICE. Znajdujemy tutaj informację o najważniejszych detektorach układu i ich parametrach, o systemie zbierania danych. Rozdział trzeci wprowadza czytelnika w podstawy teoretyczne femtoskopii, objaśnia zjawiska fizyczne odpowiedzialne za powstawanie korelacji międzycząstkowych, przedstawia także formuły teoretyczne wykorzystywane w dalszej części rozprawy. W rozdziale tym zaprezentowane są również wyniki dotychczasowych badań doświadczalnych dotyczących korelacji w układach barion-barion i barion-antybarion prowadzonych w ramach programów eksperymentalnych E895, NA49, STAR i ALEPH. Rozdział czwarty jest kluczowy dla całej rozprawy – opisane są tutaj

korelacje określane jako *reszkowe*, których uwzględnienie w analizie doświadczalnej jest oryginalnym i nowatorskim elementem rozprawy. Rozdział piąty ujawnia konieczność wzięcia pod uwagę korelacji reszkowych. W rozdziale tym mianowicie przeanalizowane są femtoskopowe dane uzyskane w eksperymencie STAR przy RHIC i pokazane jest jak uwzględnienie korelacji reszkowych wpływa na uzyskane wielkości parametrów źródeł cząstek. Najdłuższy rozdział szósty jest jądrem całej rozprawy. Opisana jest tutaj analiza danych doświadczalnych zebranych w ramach programu eksperymentalnego ALICE. Przedstawione są kryteria wyboru przypadków, omówione są kwestie identyfikacji cząstek i selekcji par oraz różnorakie efekty wpływające na dokładność uzyskanych rezultatów. Kolejne dwa rozdziały prezentują fizyczne rezultaty analizy, odpowiednio, par proton-proton i antyproton-antyproton (rozdział 7) oraz proton-antyproton, proton-antylambda i antyproton-lambda (rozdział 8). Rozprawę zamyka krótkie podsumowanie najważniejszych uzyskanych wyników.

Rozprawa przedstawia ważny, wartościowy i oryginalny fizyczny rezultat. Pokazuje mianowicie, że korelacja występująca w układzie np. antyproton-proton pochodzi nie tylko od oddziaływania między tymi właśnie cząstkami, lecz może być wynikiem korelacji między cząstkami, które się rozpadły i dały obserwowane proton i antyproton. Pierwotnie więc mogliśmy mieć np. skorelowaną parę antyproton-lambda, lecz lambda uległa rozpadowi na pion i proton, a ten drugi utworzył analizowaną parę antyproton-proton. W tym wypadku korelacja występująca w układzie antyproton-lambda jest ową korelacją reszkową w analizowanym układzie antyproton-proton. W rozprawie znajdujemy obszerną ilościową analizę tego efektu, pokazującą, że w przypadku układu barion-antybarion, uwzględnienie korelacji reszkowych zmienia o kilkadziesiąt procent ocenę rozmiaru źródła cząstek. Pozwoliło to uzgodnić wyniki dotyczące promieni źródeł cząstek uzyskane na podstawie analizy par barion-barion oraz barion-antybarion.


Rozprawa formułuje całą dosyć rozbudowaną metodologię uwzględnienia korelacji reszkowych, a następnie stosuje tę metodologię, obok całego arsenału technik eksperymentalnych fizyki wysokich energii, do analizy danych doświadczalnych uzyskanych w eksperymencie STAR – w tym wypadku jest to powtórna analiza owych danych – oraz danych zebranych w eksperymencie ALICE, w którym autor rozprawy uczestniczy. Analiza ta jest dogłębna, szczegółowa i dobrze przedstawiona. Jej wyniki więc wyglądają bardzo wiarygodnie.

W przypadku takich układów jak np. lambda-lambda czy proton-antylambda, bardzo trudno o doświadczalnie weryfikowalną informację o parametrach wzajemnego oddziaływania tych cząstek. Femtoskopia może takich informacji dostarczyć i opiniowana rozprawa zawiera pewne wyniki dotyczące tej ważnej kwestii. Nie są one jednak bardzo konkluzywne.

Uzyskanie bardziej szczegółowej informacji o oddziaływaniu np. λ - λ jest więc raczej sprawą przyszłych pomiarów femtoskopowych, wymagających bardzo dużych statystyk badanych par cząstek

Rozprawa Macieja Szymańskiego ma dobrą klarowną strukturę, jest nieźle napisana, strona edytorska też nie budzi poważniejszych zastrzeżeń. W swojej pierwszej recenzji krytycznie odniosłem się do rozdziału trzeciego rozprawy, w którym przedstawione są teoretyczne podstawy femtoskopii oraz dokonany jest przegląd najważniejszych wyników uzyskanych tą metoda. Zaleciłem poprawienie rozprawy, a autor bardzo dobrze wywiązał się z tego zadania.

W obecnym kształcie praca spełnia merytoryczne, formalne i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim, wnoszę więc o dopuszczenie mgr. Macieja Szymańskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. M. / L.' or similar, written in a cursive style.