

Prof. dr hab. Piotr Bożek
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Kraków, 11.01.2015

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Łukasza Graczykowskiego
*Femtoscopic Analysis of Hadron-Hadron Correlations
in Ultrarelativistic Collisions of Protons and Heavy-Ions
Registered by ALICE at the LHC*

Praca doktorska mgr. Łukasza Graczykowskiego jest poświęcona badaniom korelacji pędowych dla dwóch cząstek emitowanych w zderzeniach o skrajnie relatywistycznych energiach. W szczególności są to korelacje interferometryczne dla par pionów emitowanych w zderzeniach protonów z jądrami ołowiu i korelacje oddziaływań stanu końcowego dla par barionów w zderzeniach ołów-ołów na akceleratorze LHC w CERN-ie. Femtoskopia, czyli badanie korelacji cząstek w przestrzeni pędów, pozwala na określenie własności przestrzennych źródła emisji. Metoda ta jest najczęściej stosowana dla par identycznych cząstek, gdzie głównym źródłem korelacji są efekty symetryzacji amplitudy produkcji. Metoda korelacji Bosego-Einsteina jest używana dla określenia zasięgu korelacji czasowo-przestrzennych przy emisji cząstek w zderzeniach cząstek elementarnych i w zderzeniach jądrowych. Inna technika femtoskopii wykorzystuje oddziaływanie w stanie końcowym dla cząstek nieidentycznych. Można w ten sposób uzyskać informacje o korelacjach czasowo-przestrzennych punktów emisji i o samych parametrach oddziaływania między hadronami.

Praca doktorska została przygotowana w grupie fizyki ciężkich jonów na Politechnice Warszawskiej pod kierunkiem dr. hab. Adama Kisiela. Przedstawia wyniki badań i analiz doświadczalnych otrzymanych w ramach eksperymentu ALICE na LHC. Rozprawa jest dość obszerna, napisana po angielsku. Pierwsze cztery rozdziały zawierają krótki wstęp do fizyki relatywistycznych zderzeń jądrowych, opis eksperymentu ALICE i metody korelacji femtoskopowych dla cząstek identycznych i nieidentycznych.

Dokładniej opisana jest metoda badania korelacji interferometrycznych dla par pionów i wybór zmiennych kinematycznych dla korelacji badanych w trzech wymiarach. Dla trójwymiarowych funkcji korelacji w zmiennych q_{out} , q_{side} i q_{long} używane są dwie proste parametryzacje, gausowska i eksponencjalna. Każda z nich wprowadza trzy parametry geometryczne, związane z rozmiarem obszaru emisji, R_{out} , R_{side} i R_{long} . Autor przedstawia krótki przegląd pomiarów interferometrycznych dla małych układów, od e^+e^- do p-Pb. Promienie interferometryczne maleją ze wzrostem średniego pędu poprzecznego pary, co może wskazywać na

istnienie korelacji między pędem i miejscem emisji cząstek. Same rozmiary rosną liniowo z $N_{ch}^{1/3}$, gdzie N_{ch} jest zmierzoną krotnością cząstek. Porównanie promieni femtoskopowych w różnych układach, p-p, p-Pb i Pb-Pb dostarczy dodatkowych informacji na temat obszaru oddziaływania i korelacji pędowo-przestrzennych w tych układach. Opisana jest metoda korelacji związanych z oddziaływaniem w stanie końcowym, w szczególności zastosowana dla pary barion-barion i barion-antybarion. W parametryzacji oddziaływania stosuje się zespolone wartości długości rozpraszania, co odpowiada uwzględnieniu procesu anihilacji. Ważnym zastosowaniem analizy femtoskopowej dla par barion-antybarion jest możliwość oszacowania parametrów oddziaływania, a więc przekroju czynnego na anihilację.

Podstawowym problemem w analizie korelacji femtoskopowych jest oddzielenie sygnału związanego z efektem Bosego-Einsteina od korelacji z innych źródeł. Realistyczne modelowanie wszystkich rodzajów korelacji jest niezwykle trudne. Autor używa generatorów eventów EPOS i PYTHIA, które uwzględniają dużą część korelacji tła. Dodatkowo nałożone są korelacje Bosego-Einsteina dla emitowanych par. W ten sposób można porównać sygnał zawierający różne rodzaje korelacji z sygnałem zawierającym tylko korelacje tła. Faktoryzacja tych dwóch rodzajów korelacji pozwala na oszacowanie czystego sygnału korelacji interferometrycznych. Ten etap analizy jest najtrudniejszy i jest głównym źródłem błędów systematycznych. Z konieczności tło musi być oszacowane w modelach Monte Carlo. W mojej ocenie w wyborze modelu tła zawiera się największa niepewność całej analizy. Modele takie jak AMPT, HIJING, DPMJET i THERMINATOR nie opisują tła w funkcji korelacji i nie mogą być użyte do jego odjęcia. Modele PYTHIA i EPOS poprawnie opisują tło dla dużych pędów. Jednak same modele nie w pełni opisują podstawowe obserwacje, takie jak rozkład krotności. Skoro krotność w modelu EPOS jest o czynnik 1.7 zbyt mała, to czy otrzymane tło dla funkcji korelacji jest wiarygodne? W rozdziale 6 omówiona jest ponadto analiza danych pomiarowych: identyfikacja cząstek w detektorze TPC, definicja centralności poprzez odpowiedź detektora VZERO-A, eliminacja podwójnych i złączonych śladów cząstek.

Analiza korelacji femtoskopowych przeprowadzona jest dla czterech klas centralności, charakteryzujących się różnymi gęstościami cząstek naładowanych na jednostkę pseudorapidity. Dla każdej klasy centralności odjęte jest tło niefemtoskopowe, wyliczone w modelach EPOS lub PYTHIA. Wyliczone promienie interferometryczne wykazują typową zależność od krotności i pędu pary. Promienie maleją z pędem pary, co może sugerować kolektywny przepływ w zderzeniu. Zależność od krotności jest liniowa w zmiennej $N_{ch}^{1/3}$. Wartości promieni leżą pomiędzy wartościami dla zderzeń p-p i Pb-Pb. Wyniki są porównane z przewidywaniami modeli hydrodynamicznych. Porównanie z modelami wskazuje na istnienie silnego przepływu poprzecznego, który w modelu hydrodynamicznym otrzymany jest dla źródła o małym promieniu początkowym. Jakościowo podobne wyniki otrzymuje się dla

