

dr hab. Maciej Rybczyński
Instytut Fizyki
Uniwersytet Jana Kochanowskiego
25-406 Kielce, ul. Świętokrzyska 15

Kielce, listopad 2017 roku

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Jeremiego Niedzieli
pod tytułem
“Investigation of the Source Size and Strong Interaction with the
Femtoscopic Correlations of Baryons and Antibaryons in Heavy-ion
Collisions Registered by ALICE”**

Rozprawa doktorska mgr. inż. Jeremiego Niedzieli została wykonana pod kierunkiem prof. nzw. dr. hab. inż. Adama Kisiela na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Dotyczy doświadczalnej analizy korelacji femtoskopowych występujących w parach barion-barion i barion-antybarion zarejestrowanych przez eksperyment ALICE przy Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN. Analiza została oparta o dane eksperymentalne zbierane począwszy od roku 2009 (w tak zwanych okresach „Run 1” i „Run 2”) w zderzeniach wiązek ołów-ołów przy energiach $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ i 5.02 TeV. Celem przedstawionej rozprawy był pomiar czasowo-przestrzennych rozmiarów źródeł, z których emitowane są cząstki podczas relatywistycznych zderzeń jąder ołowiu a także określenie parametrów opisujących silne oddziaływanie pomiędzy cząstkami tworzącymi badane pary.

Praca doktorska mgr inż. Niedzieli jest napisana w języku angielskim i została poddana starannej edycji pod względem graficznym. Nie mam większych uwag do strony językowej pracy, ale jednocześnie nie czuję się w pełni kompetentny do oceny rozprawy pod tym względem. Praca liczy 140 stron tekstu wraz z ilustracjami i składa się z dziesięciu rozdziałów oraz dwóch dodatków. Zawiera kilkanaście rysunków i tabel oraz spis literatury składający się z 65 pozycji.

W krótkim rozdziale pierwszym autor zwięźle charakteryzuje cele pracy. Rozdział drugi zawiera wprowadzenie do niektórych aspektów fizyki wysokich energii, istotnych dla treści przedstawionych w kolejnych rozdziałach. W rozdziale trzecim przedstawiony jest detektor ALICE. Opisano wszystkie jego elementy, najwięcej uwagi poświęcając elementom, które są istotne w procesie gromadzenia

danych i przeprowadzenia analizy zawartej z rozprawie. W rozdziale czwartym autor zwięźle wprowadza czytelnika w teoretyczne podstawy analizy femtoskopowej, opisuje wielkości fizyczne używane w rozprawie do opisu korelacji dwucząstkowych, przedstawia historyczną perspektywę pomiarów femtoskopowych w fizyce wysokich energii oraz podaje niektóre źródła dające wkład do wyznaczanych dwucząstkowych funkcji korelacyjnych. Autor wskazuje tu również liczne odnośniki do bogatej literatury dotyczącej korelacji femtoskopowych w wysokoenergetycznych zderzeniach hadronów i jąder atomowych. Krótki rozdział piąty jest bardzo istotny dla całej rozprawy, gdyż opisane są w nim korelacje określone jako resztkowe, których uwzględnienie w analizie doświadczalnej jest oryginalnym elementem rozprawy. Rozdział szósty dotyczy szczegółowej analizy zaproponowanej wcześniej metody badania funkcji korelacyjnej dla par barion-barion i barion-antybarion. Opisana jest tu również konieczność uwzględnienia korelacji resztkowych. W rozdziale siódmym autor opisuje szczegółowo testy wprowadzonej metody na danych modelowych – pochodzących z generatora przypadków zderzeń THERMINATOR 2. Autor porównuje wartości rozmiarów źródeł otrzymanych z analizy zaproponowaną wcześniej metodą z wartościami, które można odczytać bezpośrednio z parametrów modelu. Jako, że wyniki testu wykazały skuteczność stosowanej metody, autor w rozdziałach ósmym i dziewiątym, stanowiących jądro rozprawy, podaje opis analizy danych doświadczalnych zebranych w ramach programu eksperymentalnego ALICE. Przedstawione są kryteria wyboru przypadków, omówione są kwestie selekcji par oraz różne efekty wpływające na dokładność otrzymanych wyników. Opisane są tam również rezultaty analizy dla par proton-proton, proton-antyproton, proton-antylambda, antyproton-lambda oraz lambda-antylambda. W rozdziale ósmym część rysunków została oznaczona jako „ALICE preliminary”. Wyniki, które są na nich pokazane uzyskały aprobatę współpracy ALICE i jako takie mogą być przedstawiane na konferencjach naukowych. Świadczy to dodatkowo o wysokim poziomie przeprowadzonej analizy. Autor niniejszej recenzji zdaje sobie sprawę z tego jak trudno jest uzyskać taką aprobatę, szczególnie w dużej, międzynarodowej współpracy. Rozprawę zamyka krótkie podsumowanie uzyskanych wyników. Dodatek A przedstawia ciekawy materiał dotyczący dodatkowej działalności mgr. inż. Niedzieli na rzecz współpracy ALICE, a związanej z rozwijaniem systemu wizualizacji danych eksperymentu. W Dodatku B autor zamieścił wszystkie uzyskane funkcje korelacyjne w analizowanych w rozprawie zderzeniach.

Rozprawa przedstawia ważny i wartościowy fizyczny rezultat. Dzięki przeprowadzonej analizie autor otrzymał nie tylko rozmiary czasowo-przestrzenne źródeł analizowanych par cząstek, ale także dostarczył informacji o własnościach efektywnego oddziaływania silnego między cząstkami tworzącymi pary. Liczba uzyskanych ważnych wyników jest znaczna. Za szczególnie ważne uważam rezultaty dotyczące składowych rzeczywistej i urojonej długości rozpraszania oraz efektywnego zasięgu oddziaływania barion-barion i barion-antybarion. Niezwykle interesująca jest wyraźnie niezerowa wartość urojonej składowej długości rozpraszania, która wskazuje możliwość istnienia kanału anihilacji nawet dla

nieidentycznych par barion-antybarion, na przykład proton-antylambda. Również stwierdzenie istnienia ujemnej wartości składowej rzeczywistej długości rozpraszania jest bardzo ciekawym wynikiem. Otrzymane rezultaty otwierają nowe pole do badania mechanizmu oddziaływania silnego między barionami. Znalezienie stanu związanego proton-antylambda lub lambda-antylambda może być jednym z celów przyszłych eksperymentów w zakresie wysokoenergetycznych zderzeń jąder atomów.

Praca jest napisana jasno i dosyć starannie. Pewne niedociągnięcia, np.

- słaba czytelność niektórych rysunków, jak choćby Figs. 7.1, 7.9, 8.5,
- brak szczegółowego opisu niektórych rysunków (np. Fig. 8.1 - nie wiadomo, przy jakiej energii były zderzenia, jaki jest zderzany system (w domyśle ołów-ołów),
- 10^8 fm/c to nie jest charakterystyczny czas oddziaływania silnego (strona 80),
- czy parametr „ r_0 ” na Fig. 7.2 jest bezwymiarowy?
- z opisu tabeli 8.1 nie wynika dlaczego podane wartości średnich krotności w dwóch „Runach” różnią się niekiedy o więcej niż 20%. Można się tylko domyślać, że wynika to z faktu, iż „Runy” dotyczyły zderzeń ołów-ołów przy różnych energiach,
- autor na określenie par barion-barion używa skrótu „bb”. Nie jest to fortunne (lepiej byłoby BB) gdyż, zwykle symbolem „b” oznacza się parametr zderzenia – definicja na stronie 20 rozprawy,
- jaka jest różnica między Ref. 46 a Ref. 51 ze spisu literatury?
- „therm” zamiast „term” na stronie 60, „wether” zamiast „whether” na stronach 64 i 69, „dependance” zamiast „dependence” pojawiający się często w rozdziałach szóstym i siódmym czy „Porposed” zamiast „Proposed” w legendzie Fig. 7.11,

nie powodują większego dyskomfortu u czytelnika. Procedury doświadczalne i analizę wyników przedstawiono dosyć szczegółowo. Autor rozprawy jest odcytany w literaturze dotyczącej tematu rozprawy. Niestety, nie znalazłem żadnych prac związanych z tematyką zawartą w dysertacji, których autorem bądź współautorem byłby mgr inż. Niedziela.

W rozdziale ósmym rozprawy autor przedstawia procedurę eksperymentalnego wyboru przypadków zderzeń, które później używa do analizy. Powołuje się na szczegółowe mechanizmy doboru właściwych cięć wykonane w podobnych analizach przeprowadzonych wcześniej. Tym niemniej, jako że rozprawa jest typowo doświadczalna należałoby przekonać czytelnika, że dobór odpowiednich wartości parametrów służących do selekcji przypadków jest optymalny dla przedstawianej analizy. Kilka rysunków pokazujących stabilność uzyskanych funkcji korelacyjnych w zależności od kryteriów selekcji przypadków i śladów cząstek w przypadku („stability checks against event and track selection criteria”) na pewno

zwiększy jakość rozprawy. Spodziewam się usłyszeć więcej na ten temat w autoreferacie.

Podsumowując, uważam że rozprawa doktorska mgr. inż. Jeremiego Niedzieli zawiera oryginalne i ciekawe wyniki poszerzające naszą wiedzę o korelacjach występujących w procesach produkcji cząstek. Jako że rozprawa spełnia wszelkie formalne wymogi stawiane pracom doktorskim wnoszę o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. J. J. J.', is located on the right side of the page.