

Prof. dr hab. inż. Mariusz Przybycień
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Daniela Wielanka
pt. „Analiza możliwości pomiarów femtoskopowych NICA-MPD
na podstawie wyników eksperymentu STAR”**

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Wielanka dotyczy badania możliwości wykonania pomiarów femtoskopowych w ultrarelatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów na planowanym akceleratorze NICA z wykorzystaniem detektorz MPD.

Stany końcowe produkowane w zderzeniach hadronów, a szczególnie w ultrarelatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów są zwykle wysoce nietrywialne. Inkluzywne rozkłady pędów cząstek naładowanych dostarczają stosunkowo niewiele informacji o fizyce związanej z produkcją tych cząstek. Jest to proces bardzo dynamiczny zarówno w czasie jak i w przestrzeni. Znacznie więcej informacji można uzyskać badając korelacje pomiędzy produkowanymi cząstkami. Określenie “femtoskopia” funkcjonuje w literaturze od około 20 lat, o czym można się przekonać np. wykonując przeszukiwanie bazy inspirehep.net, jednak pomiary tego typu są prowadzone od dawna, np. HBT. Szczególnie interesujące w zderzeniach ciężkich jonów jest zrozumienie przejścia od kolorowych stopni swobody istotnych w opisie plazmy kwarkowo-gluonowej do stanu hadronowego. Korelacje dwucząstkowe próbują geometrię czasoprzestrzenną tzw. wymrozenia kinetycznego (kinetic freezeout).

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Wielanka napisana jest w języku polskim i liczy 176 stron. Praca podzielona jest na osiem rozdziałów, trzy dodatki, spis literatury (102 pozycje) oraz dwustronicowe streszczenia w językach polskim i angielskim. Rozdział pierwszy, “Wprowadzenie do fizyki zderzeń ciężkich jonów”, zawiera bardzo powierzchowny opis wybranych haseł z zakresu Modelu Standardowego fizyki cząstek elementarnych oraz zderzeń ciężkich jonów, w tym pojęć eksperymentalnych czy też związanych z analizą danych, takich jak np. wierzchołek zderzenia. Na przykład Autor definiuje pojęcie “cięcie - kryterium selekcji danych. Przykładem cięcia może być cięcie na pęd cząstki (branie pod uwagę jedynie cząstek z określonymi wartościami pędu)” - od razu nasuwa się pytanie, do kogo adresowana jest ta praca? Brakuje w tekście referencji do rysunku 1.5. Może to dobrze, bo żaden z dwóch scenariuszy zderzenia ciężkich jonów przedstawionych na tym rysunku nie odpowiada opisowi w tekście. Już w rozdziale pierwszym rzuca się w oczy problem jaki Autor ma z formatowaniem tekstu - duże puste fragmenty stron. Ten problem występuje w całej pracy, i jak policzyłem efektywnie sprowadza się do 10 niewykorzystanych stron!

Rozdział drugi to wprowadzenie do femtoskopii korelacyjnej. Napisany jest w podobnym powierzchownym stylu, jak rozdział pierwszy. Jest o tyle użyteczny, że zawiera definicje wielkości wykorzystywanych później do opracowania danych symulowanych w rozdziałach 6 i 7.

Rozdział trzeci to pobieżny opis eksperymentu STAR na RHIC. Na przykład “program badawczy detektora STAR” Autor zmieścił na niewiele ponad jednej stronie. W podrozdziale 3.2.1 Autor pisze, że “Detektor STAR pracuje od ponad półtorej dekady...” - właśnie minęło dokładnie 20 lat zbierania danych.

W rozdziale czwartym Autor przedstawia pobieżnie pomiary femtoskopowe wykonane w eksperymencie STAR. Jest to prezentacja z “drugiej ręki” i więcej można się dowiedzieć czytając oryginalne prace, niż z opisu przedstawionego przez Autora. Jak rozumiem, analizy zreferowane w tym rozdziale mają służyć jako wzór dla oszacowania możliwości oraz precyzji podobnych pomiarów w eksperymencie MPD na NICA, dokonanych przez Autora w kolejnych rozdziałach.

Rozdział piąty zawiera opis będącego obecnie w budowie detektora MPD na również będącym w budowie zderzaczu NICA w Dubnej w Rosji. W rozdziale tym dyskutowane jest także oprogramowanie rozwijane w środowisku ROOT, które ma służyć w przyszłości do symulacji i analizy danych w eksperymencie MPD. Autor opisuje dosyć szczegółowo to oprogramowanie (poświęcony temu jest także dodatek A). Jednak trudno mi ocenić jaki jest wkład Autora w rozwój tego oprogramowania, a do jakiego stopnia korzystał z kodu rozwiniętego wcześniej, czy rozwijanego równolegle, przez inne osoby. W każdym razie to jest działanie poboczne jeśli chodzi o fizykę. Zwykle w pracach, w których doktorant wykonuje analizę danych, nie skupia się na szczegółach napisanego oprogramowania do ich analizy, które po prostu wykorzystuje pakiet ROOT, wraz z dziesiątkami różnych narzędzi przygotowanych przez członków danej współpracy, w tym doktoranta, i używanych przez wszystkich, którzy tego potrzebują.

Rozdziały 6 i 7 zawierają pewne rezultaty fizyczne otrzymane, jak się domyślam, bezpośrednio przez Autora. W rozdziale 6, Autor opisuje generator UrQMD i porównuje dane opublikowane przez eksperyment STAR z przewidywaniami tego generatora. Opis samego modelu jest bardzo powierzchowny, i jeśli czytelnik nie zna tego modelu, to z rozprawy nie dowie się zbyt wiele na temat zawartej w nim fizyki. Z równania (6.1) dowiemy się, że Autor wie co to jest różniczka zupełna, ale zupełnie nie jest wyjaśnione znaczenie symbolu “St”, który jak się spodziewam zawiera właśnie “fizykę” wbudowaną w ten model. Pierwsze zastosowanie generatora UrQMD polega na sprawdzeniu jaka część wygenerowanych cząstek różnego typu wpada w zakres kinematyczny (p_T i η) planowanych w eksperymencie MPD detektorów. Brakuje jednostek przy zakresach pędu. Dlaczego na rysunku 6.2 przy niskich energiach zderzenia produkowanych jest więcej protonów niż π^+ ? Czy to są protony z rozbitego jądra złota? Jaki jest cel tabel w dodatku C? Czy nie byłoby bardziej przejrzystym przedstawienie tych wyników w postaci wykresów, podobnych do rysunków 6.1 i 6.2?

Kolejne rysunki 6.3-5 zawierają porównanie pomiarów wykonanych przez eksperyment STAR z przewidywaniami modelu UrQMD. Można stwierdzić, że model nie opisuje danych. Niestety Autor nie próbuje zrozumieć dlaczego tak się dzieje, np. zmieniając wybrane parametry modelu, albo próbując wyznaczyć centralność w sposób bardziej zbliżony do metody stosowanej w eksperymencie STAR. Zdecydowanie brakuje mi w tym miejscu jakiejś inicjatywy ze strony Autora w celu próby zrozumienia występujących różnic. W podrozdziale 6.2.1 Autor pisze, że numeryczne rozwiązanie zastosowane w celu skrócenia czasu obliczeń prowadzi do korelacji symulowanych zderzeń - czy te korelacje są poprawnie uwzględniane przy wyznaczaniu błędów na otrzymane z symulacji wyniki? Brak referencji w tekście do rysunku 6.6, w związku z czym nie wiadomo jakie wnioski płyną z tego rysunku. W opisach stosowanych w pracy modeli, np. vHLLX czy UrQMD, Autor koncentruje się raczej na zagadnieniach numerycznych niż na fizyce. A powinno być odwrotnie, a przynajmniej fizyka zawarta w modelu powinna być

wyjaśniona na tyle, aby czytelnik nie musiał od razu zaglądać do oryginalnej literatury. Rezultaty przedstawione w rozdziale 6.2.3 zostały częściowo opublikowane w Phys. Rev. C w roku 2017, w artykule, którego współautorem jest Doktorant. Zakładam, że wkład Doktoranta w ich otrzymanie był wiodący. Dlatego dziwi mnie, że opis tych wyników w rozprawie doktorskiej jest znacznie bardziej pobieżny niż w opublikowanym arktyku. Znowu, w rozprawie doktorskiej spodziewałbym się znacznie więcej szczegółów niż w artykule w czasopiśmie. W dalszej części tego rozdziału Autor pisze o wyznaczeniu "funkcji emisji źródła". Nie są jednak podane żadne szczegóły w jaki sposób te funkcje emisji zostały wyznaczone. Szczerze mówiąc nie można nawet na podstawie tekstu jednoznacznie stwierdzić kto wyznaczył te funkcje emisji. Autor używa słowa "wyznaczono" (str. 97). A później pojawia się stwierdzenie o podobnym wydźwięku "był również badany" w odniesieniu do modelu THESEUS, gdzie z kolei podana jest referencja do publikacji, której Doktorant nie jest współautorem.

Rozdział 7, "Możliwości pomiarowe detektora MPD", to chyba najważniejsza część pracy. Jak rozumiem, Autor pracy jest równocześnie autorem oprogramowania NicaFemto, wykorzystywanego w tym rozdziale, oraz przygotowanego pod kątem przyszłych analiz femtoskopowych w eksperymencie MPD. W jaki sposób z rysunku 7.1 widać, że zmiana cięcia na pseudorapidity powoduje wzrost rozdzielczości pędowej? Brak referencji w tekście do rysunków 7.3 i 7.4. W dalszej części tego rozdziału Autor sprawdza jak cięcia na parametr DCA wpływają na wydajność selekcji cząstek pierwotnych i wtórnych, wprowadzając wcześniej robocze definicje tych dwóch klas cząstek. Proponuje także wartości cięć na DCA, pozwalające osiągnąć najlepszą rozdzielczość pędową TPC. Trochę szkoda, że dyskusja ogranicza się jedynie do zderzeń najbardziej centralnych. Rozdział 7.1.3 poświęcony jest możliwościom identyfikacji cząstek za pomocą detektorów TPC i TOF. Autor przedstawia tu wydajności rejestracji pionów, kaonów i protonów (oraz ich antycząstek) w funkcji pędu poprzecznego i pseudorapidity, z wykorzystaniem jedynie TPC lub jedynie TOF, oraz stosując oba te detektory jednocześnie. W rozdziale tym pojawia się niezdefiniowana wielkość "n-sigma".

W rozdziale 7.2, Autor stara się wyznaczyć rozdzielczość dwucząstkową, która jest niezbędna do pomiaru funkcji korelacji. Rozdział ten ma charakter detektywistyczny, ponieważ Autor stara się zrozumieć dwa nieporządane efekty - mergingu i splittingu (nieoczekiwanie te dwa słowa pozostały w pracy w języku angielskim) - które okazało się, że występują w danych symulowanych. Ostatecznie jednak nie udaje się Autorowi usunąć, a z przedstawionego opisu wydaje mi się, że również zrozumieć, bezpośredniej przyczyny tych efektów. W rezultacie Autor zadowala się pewną redukcją obu efektów za pomocą dodatkowych cięć, które jednak redukują również statystykę. Brak referencji w tekście do rysunków 7.21 i 7.22. Wzory w tekście nie powinny pojawiać się znikąd - w wielu przypadkach zdanie przed wzorem kończy się kropką i często nie wiadomo jaki jest związek danego wzoru z tekstem bezpośrednio go poprzedzającym. Dopasowania funkcji na rysunku 7.25 trudno nazwać dopasowaniami - w interesujących obszarach te funkcje w ogóle nie pasują do punktów. Rysunki 7.26-29 - co oznacza sformułowanie "wycinki funkcji korelacyjnych"? Jaka wielkość jest pokazana na rysunkach 7.26-28? Co jest na osi pionowej na rysunku 7.29? Brak referencji do rysunku 7.30 w tekście. Co jest pokazane na tym rysunku? Jakie z niego płyną wnioski? Brak referencji w tekście do rysunku 7.32.

W podsumowaniu Autor stwierdza, że oczekiwana precyzja pomiarów femtoskopowych w eksperymencie MPD jest porównywalna do tej w eksperymencie STAR. Na podstawie przedstawionej analizy danych symulowanych, obawiam się że ta precyzja będzie jednak gorsza. Autorowi nie udało się rozwiązać pewnych problemów związanych z analizą, częściowo ze względu

na ograniczone zasoby komputerowe. Z drugiej strony jednak Autor pisze, że korzystał z klastra obliczeniowego NCBJ, a więc jednego z najmocniejszych komputerów na świecie.

Jeśli ta praca ma służyć współpracy MPD, to dziwi, że jest napisana w języku polskim. Rozprawa doktorska w dziedzinie fizyki wysokich energii napisana w języku polskim, sprawia wrażenie jakby Autor nie chciał żeby jej ktokolwiek czytał. Nie rozumiem też dlaczego Autor wielokrotnie używa niepoprawnego skrótu "min.", który jak się domyślam, przynajmniej w niektórych miejscach ma oznaczać "między innymi".

Spis literatury zrobiony jest w sposób bardzo niedbały: brakuje nazw współprac eksperymentalnych, nazwiska autorów pisane są w sposób niekonsystentny, czasem zamiast po nazwisku "et al." pojawia się pomiędzy inicjałami imion a nazwiskiem, nazwy czasopism są często pisane w niewłaściwy sposób (niepoprawny skrót lub pełna nazwa zamiast skrótu). Bibliografia wygląda tak jakby Autor do niej w ogóle nie zaglądnął po wytworzeniu jej przez jakiś automat.

Z punktu widzenia recenzenta, brakuje mi w tej pracy wyraźnego opisanie jaki jest rzeczywisty merytoryczny wkład Autora w przedstawiony w pracy materiał (chodzi oczywiście o fizykę, a nie o samo programowanie). Takie opisy są standardem w pracach z jakimi zwykle mam do czynienia i często można się z nich dowiedzieć o działalności doktoranta znacząco wykraczającej poza zagadnienia opisane w samej rozprawie. Proszę to potraktować jako jedno z moich pytań i przedstawić na obronie swoje bezpośrednie zaangażowanie w zakresie eksperymentalnej fizyki wysokich energii w okresie studiów doktoranckich.

Porównując przedstawioną mi do oceny rozprawę doktorską mgr. inż. D. Wielanka z innymi rozprawami które znam, oceniam ją bardzo słabo. Dziwi mnie, że w okresie kiedy jest dostępnych do analizy tak wiele danych z eksperymentów w których aktywnie uczestniczą Promotorzy, przed doktorantem postawiono zadanie jedynie w postaci analizy przypadków z generatorów Monte Carlo. Język jakim Autor posługuje się w pracy, sprawia że odnoszę wrażenie, że nigdy nie wykonywał analizy prawdziwych danych eksperymentalnych. Jeśli jestem w błędzie to proszę o podanie odpowiednich informacji podczas obrony.

Nie wiem jak długo trwały studia doktoranckie Pana mgr. inż. Wielanka, ale uważam, że przedstawione w roprawie doktorskiej wyniki można uzyskać w czasie znacznie krótszym niż standardowe cztery lata. Uważam, że oceny rozpraw doktorskich z danej (szeroko rozumianej) dziedziny badań powinny być dokonywane częściowo na tle innych rozpraw doktorskich powstających w tej dziedzinie. Oczywiście zdaję sobie sprawę, że zakres badań przeprowadzonych w przedstawionej roprawie doktorskiej wynikał z potrzeb grupy w ramach której badania były prowadzone i o tym zakresie decydowali Promotorzy.

Z przedstawionej rozprawy odnoszę wrażenie, że Autor teoretycznie rozumie na czym polega analiza femtoskopowa i być może kiedyś ją przeprowadzi na prawdziwych danych. Wtedy jednak okaże się, że prawdziwe problemy eksperymentalne, które trzeba będzie rozwiązać żeby zrozumieć dane, będą o wiele bardziej skomplikowane, niż w analizie danych synulowanych. Mimo niedbale napisanej pracy, uważam, że spełnia ona pewne minimalne wymagania dotyczące rozpraw doktorskich i wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Wielanka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Mariusz Przybycień

Mariusz Przybycień