



UNIWERSYTET ŚLĄSKI, Instytut Fizyki
ul. 75 Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów
e-mail: Jan.Kisiel@us.edu.pl

Chorzów, 02.08.2023r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Wojciecha
Brylińskiego pt. *Study of K_S^0 Meson Production in Central
Ar + Sc Collisions at SPS Energies.***

Poznanie własności plazmy kwarkowo-gluonowej (QGP – Quark-Gluon Plasma) jest od wielu lat jednym z głównych celów badawczych eksperymentów z fizyki zderzeń ciężkich jonów. Bezpośrednie stwierdzenie powstania QGP jest niezwykle trudne z powodu wtórnych zderzeń hadronów powstałych z oddziaływań kwazi-swobodnych kwarków i gluonów. Powszechne jest przekonanie, że badanie produkcji hadronów *dziwnych* (tzn. zawierających kwark dziwny) daje *lepszą* informację o QGP niż rejestracja obficie produkowanych w zderzeniach ciężkich jonów, hadronów *niedziwnych*. Ponadto charakterystyki kinematyczne cząstek dziwnych są ważnymi parametrami w modelach teoretycznych dynamiki zderzeń ciężkich jonów. Dlatego precyzyjne dane nt. produkcji hadronów dziwnych są pożądane. Analiza produkcji mezonów K_S^0 w zderzeniach centralnych Ar+Sc dla dwóch wartości pędu wiązki ^{40}Ar (40 A GeV/c oraz 75 A GeV/c na nukleon pocisku), będąca przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Brylińskiego, doskonale wpisuje się badania produkcji dziwności w relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów. Dane zostały zebrane przez współpracę fizyków NA61/SHINE z wykorzystaniem akceleratora SPS w CERN-ie. Układ pomiarowy eksperymentu NA61/SHINE i narzędzia do rekonstrukcji przypadków pozwalają za identyfikację wieku cząstek produkowanych w zderzeniach proton-proton, proton-jądro oraz jądro-jądro przy różnych energiach wiązek. Należy podkreślić decydujący udział polskich grup we wszystkich etapach realizacji eksperymentu NA61/SHINE. Rozprawa została napisana pod kierunkiem Pani prof. Katarzyny Grebieszkow.

Rozprawa doktorska Pana mgr W. Brylińskiego składa się z ośmiu rozdziałów, wliczając w to wstęp i podsumowanie, oraz bibliografii liczącej 119 pozycji. We wstępie autor przedstawia m. in. motywację podjęcia tematu rozprawy a także wyniki pomiaru produkcji mezonu K_S^0 w innych eksperymentach. Należy podkreślić, że produkcja K_S^0 w zderzeniach $Ar + Sc$ nie była do tej pory badana. Przedstawienie układu pomiarowego NA61/SHINE znajdziemy w rozdziale drugim, a kolejne dwa krótkie rozdziały trzeci i czwarty zawierają opisy rekonstrukcji przypadków, narzędzi do symulacji i zestawów zebranych danych. Zasadniczą część rozprawy stanowią obszerne rozdziały piąty i szósty, w których autor szczegółowo omawia metody analizy danych oraz przedstawia uzyskane wyniki. Z zadowoleniem odnotowuję starannie przeprowadzoną analizę błędu systematycznego. Autor wyznaczył podwójnie różniczkowe widma mezonów K_S^0 w funkcji pędu poprzecznego i pospieszności. Widma kaonów K_S^0 w funkcji pospieszności zostały porównane z przewidywaniami modeli EPOS i SMASH. Treścią rozdziału siódmego jest opis wkładu autora rozprawy w modernizację układu pomiarowego eksperymentu NA61/SHINE. Jednostronicowe podsumowanie (rozd. 8) oraz obszerny spis literatury liczący 119 pozycji kończą rozprawę.

Do najważniejszych osiągnięć Pana mgr W. Brylińskiego przedstawionych w rozprawie doktorskiej zaliczam:

1. Otrzymanie podwójnie różniczkowych widm mezonów K_S^0 w funkcji pędu poprzecznego i pospieszności, dla dwóch wartości pędu wiązki (40 A GeV/c i 75 A GeV/c) z uwzględnieniem poprawek na wydajności detekcji i rekonstrukcji (rozd. 6.2). Identyfikacja kaonów K_S^0 została przeprowadzona przez pomiar pary naładowanych pionów $\pi^+\pi^-$, na które rozpada się K_S^0 . Dla obu wartości pędu zostały wyznaczone niepewności statystyczne, a dla wyższej także systematyczne. Przypuszczam, że brak analizy niepewności systematycznych dla pędu wiązki 40 A GeV/c wynika jedynie z ograniczeń czasowych, ale chciałbym usłyszeć potwierdzenie tego w trakcie obrony. Ciekawe jest porównanie eksperymentalnych widm mezonów K_S^0 w funkcji pospieszności, dla 10% najbardziej centralnych zderzeń, z przewidywaniami modeli EPOS oraz SMASH (rozd. 6.5). Przewidywania modelu SMASH zdecydowanie odbiegają od *eksperymentu*. Dlaczego?
2. Otrzymanie wartości średnich krotności mezonów K_S^0 dla 10% najbardziej centralnych zderzeń $Ar + Sc$ dla dwóch wartości energii (rozd. 6.4). W eksperymencie NA61/SHINE zostały także zmierzone krotności kaonów naładowanych K^+ i K^- : analiza została wykonana niezależnie, a jej wyniki będą zawarte w przygotowywanej publikacji

NA61/SHINE. Pan mgr W. Bryliński porównał średnie krotności kaonów naładowanych ze swoimi wynikami krotności dla kaonów neutralnych (rozd. 6.6). Wynik tego porównania jest zaskakujący. Zamiast spodziewanej takiej samej produkcji mezonów K_S^0 i mezonów naładowanych K^+ i K^- , otrzymano znaczącą różnicę wynoszącą ok. 20% w szerokim zakresie wartości pędu poprzecznego, wskazującą na silne łamanie izospinu.

Analiza danych została przeprowadzona w sposób bardzo staranny. Autor rozprawy zadbał o wykonanie testów sprawdzających poprawność metod analizy, czego przykładem są histogramy czasu życia mezonu K_S^0 w funkcji prędkości (rozd. 6.1). Niepewności stosunku $\tau_{\text{mean}}/\tau_{\text{PDG}}$ są największe dla skrajnych wartości prędkości. Dlaczego? Chciałbym poznać wytłumaczenie w trakcie obrony. I jeszcze jedno pytanie: dlaczego na kilku podwójnie różniczkowych widmach w funkcji pędu poprzecznego i prędkości (Rysunki 6.5, 6.6, 6.7) niepewności statystyczne są poprzedzone „+”, a nie „±”? To samo pytanie dotyczy niepewności statystycznych na rysunku 5.12.

Rozprawa doktorska Pana mgr W. Brylińskiego jest napisana w języku angielskim, w sposób prosty i zrozumiały. Rysunki i tabele są czytelne i dobrze uzupełniają tekst. Praca została starannie zredagowana, jednakże autor nie ustrzegł się kilku „literówek”. Listę tych, które zauważyłem zamieszczam poniżej:

1. stabularyzowaną zamiast stabelaryzowaną, str. ix,
2. suppression zamiast suppression, str. 5,
3. decribes zamiast describes, str. 9,
4. existance zamiast existence, str. 9,
5. Semptemer zamiast September, str. 15,
6. seach zamiast search, str. 17,
7. spectometer zamiast spectrometer, str. 18,
8. acceprance zamiast acceptance, str. 33,
9. beeing zamiast being, str. 73,
10. assymetry zamiast asymmetry, str. 74.

Podsumowując, uważam, że zawarte w rozprawie doktorskiej Pana mgr W. Brylińskiego wyniki są oryginalne, wartościowe i interesujące. Doktorant wykazał, że w bardzo dobrym stopniu opanował wszystkie etapy eksperymentu w fizyce wysokich energii: od zbierania i rekonstrukcji przypadków, przez analizę danych, uzyskanie wyników końcowych, po ich porównanie z danymi światowymi i wyciągnięcie wniosków. Należy podkreślić, że praca Pana mgr W. Brylińskiego w eksperymencie NA61/SHINE nie ograniczała się do analizy danych. Gruntowna modernizacja detektora NA61/SHINE wymagała

ogromnego wysiłku całej kolaboracji, w którym doktorant brał czynny udział. Jest on autorem programu PteroDAQtyl, który umożliwia w jednolity sposób uruchamiać i kontrolować proces zbierania danych (DAQ).

Na podstawie przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Brylińskiego pt. *Study of K_S^0 Meson Production in Central Ar+Sc Collisions at SPS Energies* stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Brylińskiego pt. *Study of K_S^0 Meson Production in Central Ar+Sc Collisions at SPS Energies* za:

wyznaczenie krotności kaonów neutralnych K_S^0 w centralnych zderzeniach Ar + Sc dla dwóch wartości pędu wiązki z małą niepewnością oraz porównanie ich z krotnościami kaonów naładowanych K^+ i K^- , mogące wskazywać na nadspodziewanie duże łamanie symetrii izospinowej, co powinno przyczynić się istotnego rozwoju modeli teoretycznych.



Prof. Jan Kisiel