



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

Dyrektor: (+48 12) 662 8200
Centrala: (+48 12) 662 8000
Fax: (+48 12) 662 8458
E-mail: dyrektor@ifj.edu.pl

Prof. dr hab. Marek Kowalski

Kraków, 1 lipca 2020

Recenzja rozprawy doktorskiej pani mgr. inż. Angeliki Tefelskiej pt. “ $K^*(892)^0$ Meson Production in p+p Collisions at the CERN SPS Energies”

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pani Angeliki Tefelskiej zawiera wyniki badania produkcji mezonu $K^*(892)^0$ w zderzeniach proton proton przy energiach akceleratora SPS w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych CERN. Badanie produkcji krótkożyciowych rezonansów, a zwłaszcza takich, których czas życia jest porównywalny z czasem rozpraszania w gazie hadronowym pomiędzy zamrażaniem chemiczny a kinematycznym pozwala na rozróżnienie między dwoma możliwymi scenariuszami zamrażania – natychmiastowym i stopniowym. Czas życia pomiędzy wspomnianymi zamrażaniami może być estymowany na podstawie badań stosunku produkcji $K^*(892)^0 / K_{ch}$ w zderzeniach lekkich (p+p) i ciężkich (A+A) systemów.

Rozprawa składa się ze Wstępu, omawiającego podstawowe aspekty fizyki zderzeń jądro-jądro oraz pięciu rozdziałów merytorycznych.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie i wnioski. Poniżej przedstawiam krótkie omówienie treści poszczególnych rozdziałów merytorycznych.

W Rozdziale 2 doktorantka podaje historyczny opis badania rezonansów, oraz, co najważniejsze, motywację badania rezonansu $K^*(892)^0$.

Rozdział 3 to opis eksperymentu NA61/SHINE w CERNie.

Najbardziej istotny dla analizy danych jest Rozdział 4. Przedstawione w nim próbki danych oraz kryteria wyboru przypadków i torów cząstek, które są standardowe dla eksperymentu NA61/SHINE i wynikają z geometrii eksperymentu oraz charakterystyk poszczególnych detektorów. Najbardziej istotny jest opis wyodrębnienia sygnału mezonu $K^*(892)^0$. Za szczególnie wartościową uważam dyskusję dotyczącą sposobu wyznaczenia kombinatorycznego tła rozkładu masy efektywnej. W warunkach stosunkowo słabego sygnału, ostateczny wynik może silnie zależeć od wyznaczenia tła kombinatorycznego. Doktorantka opisała standardową metodę, opartą na mieszaniu przypadków, ukazując jej słabości, zwłaszcza w obszarze małych mas efektywnych. Problemu tego nie rozwiązuje także używana wcześniej, również w eksperymencie NA61/SHINE, metoda tzw. *coctail fit*. W paragrafie 4.5.3 pani mgr inż. Tefelska opisuje opracowaną przez siebie dla potrzeb dyskutowanej analizy metodę szablonów, tzw. *template method*. Metoda ta radzi sobie znacznie lepiej z tłem szczytkowym niż używane dotychczas, co zostało wykazane na odpowiednich wykresach (4.9 i 4.10). Dalej doktorantka przedstawia niepoprawione liczby mezonów $K^*(892)^0$, a następnie dyskutuje poprawki użyte do uzyskania rzeczywistych liczb wyprodukowanych cząstek. Dalsza część Rozdziału zawiera dyskusję niepewności statystycznych i systematycznych.

Za szczególnie ważną uważam szczegółową dyskusję systematyki, w wielu analizach traktowaną dość powierzchownie i podsumowywaną stwierdzeniem, że „*oszacowane niepewności systematyczne nie przekraczają X%*”.

Cały Rozdział dotyczący metodologii jest w moim przekonaniu niezwykle cenny, nie tylko dla jakości wyników przedstawionych w Rozprawie, ale także dlatego, że może stanowić cenny materiał i narzędzie w dalszych analizach, również w eksperymentach innych niż NA61/SHINE.

Wyniki uzyskane przez panią mgr inż. Tefelską przedstawione są w Rozdziale 5. Przedstawione na Rys. 5.1 wartości masy i szerokości mezonu $K^*(892)^0$ są konsystentne i wskazują na dobrą jakość otrzymanych wyników. Doktorantka prezentuje rozkłady pędu poprzecznego mezonów $K^*(892)^0$ dla trzech energii – 40, 80 i

158 GeV/c. Ze względu na niewystarczającą statystykę dla dwóch niższych energii są one przedstawione w szerokim przedziale rapidity 0-1.5, natomiast dla 158 GeV/c w pięciu przedziałach od -0.5 do 2.0, wraz z wartościami parametru T , często interpretowanego jako temperatura źródła. Przedstawione jest także porównanie rozkładów masy poprzecznej mezonów $K^*(892)^0$ dla dyskutowanych energii. W dalszej części zaprezentowane zostały rozkłady rapidity $K^*(892)^0$ przy wszystkich trzech energiach. Rozkłady zostały także przedstawione w postaci tabel, co znakomicie ułatwia porównanie z innymi eksperymentami, a dla teoretyków stanowi poważne ułatwienie w porównaniu z przewidywaniami modeli.

Rozdział 6 zawiera porównanie wyników otrzymanych przez doktorantkę z wynikami światowymi oraz przewidywaniami modelowymi. Generalnie, wartości masy i szerokości mezonu $K^*(892)^0$ są zgodne z wynikami światowymi, natomiast dzięki dużej statystyce dla 158 GeV/c parametry $K^*(892)^0$ zostały wyznaczone z precyzją nieosiągalną dla innych eksperymentów. Porównanie rozkładów rapidity z eksperymentem NA49 prowadzi do konkluzji, że wyniki te są konsyistentne, natomiast porównanie z modelem EPOS 1.99 wskazuje, że daje on wyniki znacznie zawyżone. Wyniki uzyskane przez doktorantkę porównano również z modelem HGM, wykazując rosnącą wraz ze wzrostem wielkości systemu różnicę w krotności pomiędzy modelem a danymi, zaś zależność krotności $K^*(892)^0$ od energii zderzenia dla p+p może być dobrze opisana tylko w przypadku usunięcia z dopasowania mezonu ϕ , co było już obserwowane wcześniej. W ostatnim paragrafie tego Rozdziału podano wartości stosunku średniej krotności mezonów $K^*(892)^0$ do średniej krotności naładowanych kaonów. Wielkość ta pozwala na oszacowanie różnicy czasów zamrażania chemicznego i kinematycznego. Wyniki porównano z wynikami eksperymentów NA49, ALICE oraz eksperymentów na RHIC. Rozdział 7 jest podsumowaniem.

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska pani mgr inż. Angeliki Magdaleny Tefelskiej jest pracą znakomitą. Doktorantka dysponuje świetnym warsztatem eksperymentalnym i bardzo dobrą znajomością fizyki zderzeń jądrowych przy energiach relatywistycznych. Na uwagę zasługuje bardzo rzetelne potraktowanie tematu poprawek i niepewności, zwłaszcza systematycznych. Rozprawa napisana jest jasnym językiem, rysunki są czytelne, a uzyskane wyniki niewątpliwie są bardzo ciekawe i wartościowe. Jedyne, czego mi zabrakło, to kilku słów omówienia wyników dla parametru T w zależności od przedziału rapidity dla 158 GeV/c i zestawienia podanych w Rozdziale 6 wartości różnicy czasów zamrażania chemicznego i kinematycznego w formie tabeli.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia warunki ustawowe stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie pani mgr. inż. Angeliki Tefelskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pani mgr. inż. Angeliki Tefelskiej pt. “ $K^*(892)^0$ Meson Production in p+p Collisions at the CERN SPS Energies”

Wyniki przedstawione w rozprawie mają dużą wartość merytoryczną i znacznie poszerzają naszą wiedzę o procesach zachodzących w gęstej i gorącej materii jądrowej. Po raz pierwszy w analizie zastosowano opracowaną przez doktorantkę metodę szablonów do oszacowania kombinatorycznego tła w rozkładzie masy efektywnej systemu $K-\pi$. Wiele wyników przedstawionych w Rozprawie zostało uzyskane po raz pierwszy. Analiza danych została przeprowadzona niezwykle starannie, z głęboką znajomością metodyki wielkiego eksperymentu. Mając to na względzie, stawiam wniosek o wyróżnienie recenzowanej rozprawy.

