



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, 12 września 2016

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr. Antoniego Marcinka pt. „ Φ meson production in proton-proton collisions in the NA61/SHINE experiment at CERN SPS”

Rozprawa doktorska pana mgr. Antoniego Marcinka zawiera wyniki badań produkcji mezonów Φ w zderzeniach proton-proton przy energiach SPS w CERN. Dane pochodzą z eksperymentu NA61/SHINE. Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów, uzupełnionych trzema dodatkami.

Rozdział I to wstęp, w którym autor podał motywację stojącą za podjęciem wspomnianej analizy. Wyniki uzyskane przez doktoranta mogą służyć za więzy dla modeli produkcji hadronów w tzw. obszarze miękkim, gdzie Chromodynamika Kwantowa nie ma zastosowania. Będą również danymi referencyjnymi dla porównań ze zderzeniami jądro-jądro, w szczególności Pb-Pb. Produkcja mezonów Φ jest ciekawym zagadnieniem w aspekcie tłumienia dziwności w zderzeniach jądro-jądro, czy też efektów związanych z możliwą modyfikacją masy w gęstym i gorącym medium. Wyniki uzyskane przez pana Antoniego Marcinka stanowią cenne uzupełnienie i rozszerzenie istniejących danych.

W Rozdziale II opisany został eksperyment NA61/SHINE, jego program fizyczny i aparatura detekcyjna. Chyba zbędne jest umieszczenie w tym Rozdziale opisu zasady działania Komory Projekcji Czasowej, głównego detektora śladowego eksperymentu NA61/SHINE. Temat ten był poruszany w wielu innych publikacjach, a nie ma bezpośredniego związku z prowadzoną analizą.

Rozdział III, zatytułowany „dE/dx calibration” zawiera opis zastosowanych poprawek na straty jonizacyjne. Tytuł nie wydaje się być najszcześliwszy, w powszechnym zrozumieniu kalibracja dotyczy odpowiedzi detektora, czyli problemu na poziomie niższym niż poprawki. W dyskutowanej analizie kwestia kalibracji TPC jest w zasadzie pominięta.

Rozdział IV zawiera niezwykle szczegółowy opis metodologii analizy danych. Dogłębne podejście do tego problemu jest niezwykle ważne; detektor NA61/SHINE jest układem o dużej komplikacji, a duże krotności produkowanych cząstek stanowią spore wyzwanie dla analizy. W tym rozdziale doktorant opisuje zastosowane cięcia na przypadki, cząstki oraz pokazuje ich wpływ na uzyskiwany sygnał (np. Rys. 4.2). W paragrafie dotyczącym doboru przedziałów przestrzeni fazowej moje wątpliwości budzi Rys. 4.3 – uważam, że bardziej prawidłowe byłoby zawężenie przedziału rapidity do np. 2, pozbywając się w ten sposób obszaru o małej populacji cząstek (prawy górny róg rozkładu y - p_T). W dalszej części autor opisuje sposób uzyskania rozkładu masy efektywnej układu dwóch naładowanych kaonów i prezentuje przykładowo taki rozkład dla jednego z przedziałów y - p_T . Należy podkreślić staranne podejście doktoranta do problemu konstrukcji tła, jak również do problemu poprawek na straty wynikające z nieidealnej identyfikacji kaonów. Ten ostatni problem autor rozwiązuje korzystając z zaproponowanej przez eksperyment LHCb metody „tag-and-probe”. Mam tutaj pewne zastrzeżenia do przykładów z Rys. 4.7 dla binów o małej statystyce – tak naprawdę to trudno na tych rysunkach dostrzec jakiś sygnał mezonu Φ , gdyby usunąć sugestywną linię dopasowanego sygnału nie byłoby tam widać nic. Dalej autor dyskutuje poprawki na oddziaływania poza tarczą, oraz poprawki na cięcia całkowania. Bardzo szczegółowo dyskutowane są poprawki związane z symulacjami Monte Carlo – niepewności statystyczne czy też zależności od modelu. Równie starannie zostały potraktowane niepewności systematyczne, związane z konstrukcją tła dla rozkładów masy efektywnej, strategią dopasowania funkcji opisującej te rozkłady, parametryzacją sygnału czy używanej metody „tag-and-probe” czy też systematyka wynikająca z zastosowanych cięć. Podsumowanie statystycznych i systematycznych niepewności przedstawia Rys. 4.38. Moje wątpliwości budzi zdanie z opisu tego rysunku – „Total systematic uncertainty is calculated by adding contributions in

quadrate". Chyba bardziej prawidłowym podejściem jest podanie maksymalnej niepewności systematycznej, oraz, jako tzw. niepewności typowej, wspomnianej sumy kwadratów. Trochę niepokojące, w kontekście dalszej analizy są spore błędy statystyczne, przekraczające 20%. Uzyskanie przez autora, mimo to, ciekawych i sensownych wyników świadczy o jego dogłębnym opanowaniu warsztatu eksperymentalnego.

W Rozdziale V przedstawione są wyniki i ich dyskusja. Na wstępie autor przedstawia funkcje używane do uzyskania charakterystyk widm oraz do ekstrapolacji widm w pędzie poprzeczny. Prezentuje także sposób ich uzyskania. Przedstawione na Rys. 5.1 widma p_T w różnych przedziałach rapidity są nienajgorzej opisane opartą o rozważania termodynamiczne zmodyfikowaną eksponentą, aczkolwiek dla 80 GeV ten opis jest gorszy. Problem z dopasowaniem funkcji do rozkładu p_T znany był już w eksperymencie NA49 dla np. protonów i antyprotonów. Tutaj autor poradził sobie całkiem dobrze z problemem. Obserwacja pewnej systematyki dla wielkości T i σ , jest prawdziwa tylko dla 158 GeV. Twierdzenie, w oparciu o rys. 5.2, że dla 80 GeV obserwujemy podobny trend wydaje się być zbyt mocne. Nieco więcej problemów z opisem sprawiają rozkłady rapidity, przedstawione na Rys. 5.3. Dopasowanie funkcji Gaussa, czy to pojedynczej, czy podwójnej jakościowo opisuje widma ale trudno wysnuć jakieś mocniejsze wnioski. Być może większa statystyka pozwoliłaby na dalej idące konkluzje. Największym problemem jest chyba opis rozkładu masy poprzecznej w centrum rapidity, dopasowania eksponenty do punktów na Rys. 5.4 są nienajlepsze, dlatego też błędy wielkości z Tabeli 5.2 uznalibyśmy raczej za dolną granicę. Lepiej opisywane są widma masy poprzecznej dla 158 GeV w szerokim przedziale rapidity (Rys. 5.5), wykazujące niezłą zgodność z wcześniejszymi wynikami NA49. Ciekawe są wyniki dla 40 GeV, będące **pierwszym pomiarem dla tej energii**. Przedstawione na Rys. 5.6 rozkłady p_T i y , nie wykazują znaczących fluktuacji statystycznych, jednakże rozkład p_T w przeciwieństwie do wyższych energii, jest źle opisany eksponentą co wydaje się być kolejnym potwierdzeniem znanego problemu z dobrą parametryzacją rozkładu tej wielkości. Większość dyskutowanych w tym rozdziale wyników jest porównana z modelami – EPOS, PYTHIA, UrQMD. Na podstawie tych porównań i dyskusji przedstawionej w paragrafie 5.5.2 wynika, że chociaż wspomniane modele nieźle opisują część wyników, to trudno wskazać najlepszy z nich.

Paragraf 5.4 to przedstawienie uzyskanych przez doktoranta wyników w jako danych referencyjnych dla zderzeń Pb+Pb. Interesujący jest wynik dotyczący szerokości rozkładów rapidity dla mezonów π , K i Φ dla centralnych zderzeń PbPb i zderzeń pp, zaprezentowany na Rys. 5.7 (a). Zależność szerokości rozkładów rapidity dla mezonów Φ w centralnych zderzeniach PbPb w zależności od energii wiązki jest dramatycznie różna od analogicznych zależności dla innych mezonów w tych zderzeniach, a także od tej dla wszystkich mezonów w zderzeniach pp. Autor konkluduje, że wynika to nie tylko ze szczególnych cech mezonu Φ , ale ze specyfiki zarówno tego mezonu jak i systemu PbPb. Wreszcie autor porównuje krotkości mezonów K, π i Φ w zderzeniach pp i PbPb. Z Rys. 5.8 wynika, że produkcja mezonów Φ jest trzykrotnie wzmożona w stosunku do zderzeń pp przy wszystkich trzech rozważanych energiach. Stosunek do pionów jest systematycznie większy niż dla ujemnych mezonów K, chociaż porównywalny z analogicznym stosunkiem dla dodatnich kaonów. Jest to sprzeczne z hipotezą, że wzrost produkcji mezonów Φ jest wynikiem wzmożonej produkcji dziwności, jest natomiast konsystentny z mechanizmem produkcji Φ opartym na koalescencji kaonów.

Rozdział VI rozprawy to podsumowanie uzyskanych wyników.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska pana mgr. Antoniego Marcinka zatytułowana „ Φ meson production in proton-proton collisions in the NA61/SHINE experiment at CERN SPS” zawiera nowe, ciekawe i ważne wyniki dotyczące produkcji mezonów Φ w zderzeniach proton-proton przy energiach relatywistycznych. Wyniki te, same w sobie wartościowe, mogą też służyć jako referencyjne dla zderzeń układów złożonych. Autor wykazał się dogłębną znajomością tematyki fizycznej, a jego wiedza dotycząca różnych aspektów analizy danych bez przesady może być uznana za ekspercką.

Krytyczne uwagi zawarte w niniejszej recenzji nie umniejszają jej wartości poznawczej i dydaktycznej.

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia warunki ustawowe stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie pana mgr. Antoniego Marcinka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.