



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

Dziękuję Wydziału Fizyki UW,
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 10.11.15
podpis: [signature]

Prof. dr hab. Marek Kowalski

Kraków, 6 listopada 2015

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr. Antoniego Aduszkiewicza „Energy dependence of negatively charged pion production in proton-proton interactions at the CERN SPS”

Rozprawa doktorska pana mgr. Antoniego Aduszkiewicza zawiera wyniki doczytujące inkluzyjnych widm ujemnych pionów produkowanych w zderzeniach proton-proton zmierzone dla pięciu wartości pędu wiązki: 20, 31, 40, 80 i 158 GeV/c. Materiał doświadczalny pochodzi z eksperymentu NA61/SHINE na akceleratorze SPS w CERN. Wyniki uzyskane przez pana mgr. Aduszkiewicza posłużą do porównania z innymi pomiarami produkcji hadronów w eksperymencie NA61/SHINE.

Rozprawa doktorska pana mgr. Aduszkiewicza jest monografią składającą się z 8 rozdziałów, uzupełnionych trzema dodatkami. W Rozdziale 1 doktorant przedstawia ogólne informacje o zderzeniach jądrowych przy energiach relatywistycznych oraz program badawczy eksperymentu NA61/SHINE. W Rozdziale 2 opisuje układ detekcyjny NA61/SHINE a w Rozdziale 3 przedstawia dokładny opis i zasady działania głównych detektorów NA61/SHINE – komór projekcji czasowej (TPC). Rozdział 4 zawiera opis symulacji Monte Carlo. Rozdział 5 to charakterystyka danych użytych do analizy, sama analiza opisana jest w Rozdziale 6. Wyniki uzyskane przez doktoranta zawarte są w Rozdziale 7, zaś Rozdział 8 to podsumowanie.

Najważniejszą częścią Rozdziału 1 jest ta, przedstawiająca program badawczy eksperymentu NA61/SHINE. Część poświęcona opisowi zderzeń jądrowych przy wysokich energiach oraz opisowi przejścia fazowego do stanu Plazmy Kwarkowo-Gluonowej ma charakter edukacyjny, chociaż sugerowałbym pewną wstrętność jeżeli chodzi o dość arbitralne stwierdzenia o produkcji Plazmy Kwarkowo-Gluonowej na podstawie rysunku 1.2. Układ detekcyjny NA61/SHINE opisany jest w Rozdziale 2. Uważam, że w tym Rozdziale powinna znaleźć się także informacja, w postaci rysunku czy tabeli, o akceptancji detektora i jego możliwościach identyfikacji cząstek. Szkoda też, że autor nie podaje uzasadnienia zaproponowanej w Rozprawie metody analizy, pomijającej możliwości identyfikacyjne dedykowanych do tego komór projekcji czasowej, tzw. Main TPC-s. Rozdział 3, opisujący szczegółowo zasady działania komory projekcji czasowej, zarówno jako detektora śladowego jak i detektora identyfikacyjnego jest szczególnie wartościowy jako materiał edukacyjny, zaś opis TPC eksperymentu NA61/SHINE świadczy o głębokiej wiedzy detektorowej doktoranta. Istotny dla dalszej dyskusji jest Rozdział 4, w detalach opisujący symulacje Monte Carlo oraz procedurę poprawienia widm z symulacji przy wykorzystaniu istniejących danych eksperymentalnych. Ponieważ procedura opisana w tym Rozdziale jest kluczowa dla dalszej analizy, należy jej się dokładnie przyjrzeć. I w tym miejscu pojawiają się uwagi krytyczne:

- Konkluzja, że dla niższych energii model opisuje dane lepiej, oparta na porównaniu tylko całkowitych krotności, nie może być traktowana jako zbyt mocna.
- Dopasowane wartości parametrów podane są bez błędów, wielkość niepewności dopasowania dałaby informację o jego jakości
- Decyzja o liniowej parametryzacji $D_x(P_{beam})$ w takim ujęciu jak w rozprawie wydaje się być dość arbitralna, o ile dla K⁻ nie budzi ona specjalnej wątpliwości, to w przypadku D_{pbar} wymaga bardziej szczegółowej dyskusji.
- Umieszczenie paragrafu 4.5 przed dyskusją o dopasowaniu widm wpłynęłoby na lepszą przejrzystość pracy – najpierw mielibyśmy weryfikację Monte Carlo, a później procedurę dopasowania.

Charakterystyka materiału doświadczalnego przedstawiona jest w Rozdziale 5. W analizie wykorzystano dane zebrane przez eksperyment NA61/SHINE w roku 2009. Doktorant szczegółowo dyskutuje ogólne własności wiązki, jej profil a także problem cząstek spoza wiązki, porusza też problem zmiennej gęstości tarczy wodorowej. Następnie dyskutuje wydajność rekonstrukcji i zdolności rozdzielcze w zmiennych kinematycznych. W tym miejscu pojawia się pewna niejasność, autor pisze, że wydajność rekonstrukcji była oparta na obserwacji jaki procent mezonów π^- został zrekonstruowany i przeszedł kryteria selekcji. O ile w Monte Carlo mamy informację o naturze cząstki, o tyle w eksperymencie znamy tylko jej znak i chyba bardziej właściwym byłoby wyznaczenie wydajności rekonstrukcji w oparciu o hadrony ujemne i odniesienie tego do wartości eksperymentalnej. Niemniej, należy podkreślić dużą staranność doktoranta w podejściu do materiału doświadczalnego i uwzględnienie w dyskusji wszystkich czynników mogących wpływać na uzyskiwane wyniki. Sposób analizy danych jest przedstawiony w Rozdziale 6. Doktorant wykazuje w podejściu do tematu wysokie kompetencje eksperymentatora. Opis wyboru przypadków, sposobu odrzucania przypadków oddziaływań elastycznych i oddziaływań poza tarczą świadczy o głębokim zrozumieniu zarówno samego eksperymentu jak i stosowanych procedur. Równie dojrzałym jest podejście autora do problemu wyboru śladów cząstek i uwzględnienia odpowiednich poprawek. W Rozdziale tym doktorant opisuje także procedurę poprawki na obecność w widmach ujemnych hadronów cząstek innych niż π^- , wykorzystując do tego symulacje Monte Carlo w sposób opisany w Rozdziale 4. Uwzględnia także inne poprawki, takie jak gubienie przypadków i śladów, czy usuwanie z widm binów o niskiej jakości. Paragraf 6.5 to bardzo szczegółowa dyskusja niepewności, zarówno statystycznych jak i systematycznych. Całkowite niepewności statystyczne, jak wynika z Rys. 6.17 i 6.18 wynoszą poniżej 1% w centrum przestrzeni fazowej i generalnie nie przekraczają 10% z wyjątkiem binów na mierzalnej granicy widm. Źródłem błędów systematycznych, według autora są:

- Niepewności wynikające z cięcia na starty energii cząstek na jonizację oraz niewystarczająca wydajność odrzucania przypadków pochodzących od cząstek spoza wiązki.
- Niepewności wynikające z poprawki na zanieczyszczenie widm cząstkami innymi niż pierwotne π^-
- Niepewności poprawki na gubienie przypadków
- Niepewności związane z wyborem śladów – te, będące poniżej 2% nie były brane pod uwagę w dalszej analizie.

Staranność w ocenie wszystkich niepewności, zarówno statystycznych, a zwłaszcza systematycznych musi budzić uznanie, zwłaszcza, że w rozprawach doktorskich ten problem często traktowany jest zbyt pobieżnie. Ostatni paragraf Rozdziału to porównanie z istniejącymi wynikami innych eksperymentów, w obszarach, gdzie takie dane są dostępne. Generalnie wyniki uzyskane przez doktoranta są konsystentne z innymi. Ewentualne, niezbyt wielkie, rozbieżności mogą być wytłumaczone zarówno statystycznymi i systematycznymi niepewnościami. Szkoda, że doktorant nie odniósł się w żaden sposób do opublikowanej w 2014 roku przez H.G. Fischera, M. Makarieva, D. Vargi i S. Weniga noty CERN-PH-EP-2013-225, krytykującej zarówno zastosowaną przez mgr. Aduszkiewicza metodę jak i podkreślającej niezgodność z wynikami innych eksperymentów. Nota ta nie jest nawet wymieniona w spisie literatury ocenianej rozprawy. Ostateczne wyniki przeprowadzonej przez doktoranta analizy, tj. widma jedno i dwuwymiarowe w pędzie poprzecznym i rapidity przedstawione są w Rozdziale 7. Wyniki zaprezentowane są dla wszystkich analizowanych energii zderzenia, tj. 20, 31, 40, 80 i 158 GeV/c. Autor detalicznie dyskutuje otrzymane zależności, wykazując dogłębne zrozumienie uzyskiwanych przez siebie wyników. Dobrym pomysłem, coraz częściej stosowanym przez eksperymentatorów, jest przedstawienie wyników w postaci stabularyzowanej (w Rozprawie w Dodatku C). Rozwiązanie takie jest szczególnie cenne dla teoretyków. W podsumowaniu doktorant podkreśla, że w przeciwieństwie do innych eksperymentów, NA61/SHINE prezentuje wyniki oparte o dużą statystykę w szerokim obszarze przestrzeni fazowej.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska pana mgr. Antoniego Aduszkiewicza zatytułowana „Energy dependence of negatively charged pion production in proton-proton interactions at the CERN SPS” zawiera nowe, ciekawe i ważne wyniki dotyczące produkcji ujemnych pionów w zderzeniach proton-proton przy energiach relatywistycznych. Krytyczne uwagi zawarte w niniejszej recenzji nie umniejszają jej wartości poznawczej i dydaktycznej.

Wnoszę o dopuszczenie pana mgr. Antoniego Aduszkiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Markus Uebel