

Prof. dr hab. Barbara Wosiek
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
w Krakowie

26 kwietnia 2021

RECENZJA

pracy doktorskiej pani mgr Anastasii Merzlaya pt.
**„Open charm measurements at the NA61/SHINE experiment at CERN SPS
with the new Vertex Detector”**

Praca doktorska dotyczy badania produkcji mezonów powabnych, D^0 i $\text{anti-}D^0$, które zawierają kwark powabny i drugi lżejszy kwark, tzw. otwartej produkcji powabu. W badaniach Autorka wykorzystała dane uzyskane przy pomocy aparatury eksperymentu NA61/SHINE, a w szczególności detektora wierzchołka SAVD. Bardzo dobra przestrzenna zdolność rozdzielcza detektora SVAD pozwala na rekonstrukcję wtórnych wierzchołków oddziaływania zlokalizowanych w pobliżu pierwotnego wierzchołka. Analiza została przeprowadzona dla dwóch systemów zderzeń: Xe+La i Pb+Pb przy energii wiązek pierwotnych 150 A GeV/c, zarejestrowanych w latach 2017 i 2018. Bezpośredni pomiar otwartej produkcji powabu jest wyzwaniem dla eksperymentatorów ze względu na bardzo małe prawdopodobieństwo produkcji mezonów powabnych, ich krótki czas życia oraz olbrzymie tło pochodzące z rozpadów innych cząstek. Nowy detektor wierzchołka, SAVD, o bardzo dobrej przestrzennej zdolności rozdzielczej pozwala na znaczną redukcję tego tła. To właśnie ten detektor był w centrum zainteresowania mgr Anastasii Merzlaya. Główny wkład Autorki obejmował aktywny udział w zbieraniu danych, implementację rekonstrukcji przypadków rejestrowanych przez detektor SAVD, ich symulacje w ramach GEANT 4, kalibrację detektora SAVD, a w końcu analizę danych i uzyskanie wyników przedstawionych w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

Praca doktorska jest napisana w języku angielskim i ma ponad 115 stron oraz obszerny spis literatury. Cytowana literatura nie zawiera pozycji autorstwa pani Merzlaya (z A. Merzlaya jako pierwszy autor), które mogłyby być wewnętrznymi notami współpracy NA61/SHINE. Jako aktywny uczestnik współpracy NA61/SHINE, jest ona zapewne współautorką szeregu publikacji tej współpracy. Praca jest napisana dość dobrą angielszczyzną. Pomyłki redakcyjne i potknięcia językowe nie wpływają na czytelność tekstu.

Zanim przejdę do omawiania poszczególnych rozdziałów pracy, chcę przedstawić moją opinię, a raczej zastrzeżenie dotyczące ogólnej struktury rozprawy. Dotyczy to umieszczenia rozdziału poświęconego symulacjom (Rozdział 8) jako przedostatniego rozdziału, który występuje po rozdziale omawiającym wyniki. Symulacje Monte Carlo stanowią integralną część analizy danych. To one są używane do określenia cięć na redukcję tła, czy też poprawek na wydajność i akceptancję. Praca zyskałaby znacznie na czytelności, gdyby po omówieniu danych doświadczalnych, wprowadzono dane symulacyjne już w Rozdziale 4, a następnie równolegle dyskutowano dane i symulacje.

Po krótkim wprowadzeniu, Autorka przedstawia w Rozdziale 2 obecny stan badań doświadczalnych i modelowych dotyczących otwartej produkcji powabu oraz nakreśla przyszłe plany badania tego procesu. Rozdział ten jest adresowany raczej do ekspertów. Ja

wolałabym tu widzieć podręcznikowe wprowadzenie, które byłoby czytelne dla młodych naukowców chcących podjąć tego typu badania. Autorka nie definiuje podstawowych parametrów pokazywanych na rysunkach, jak np. liczba uczestników (nota bene ta wielkość ma w pracy co najmniej trzy symbole, N_P , N_W , N_{part}), czy czynnik modyfikacji jądrowej. Rekompensatą tych uchybień jest to, że Autorka osiągnęła swój cel podając przekonującą argumentację za celowością i atrakcyjnością badań otwartej produkcji powabu.

Rozdział 3 zawiera opis aparatury eksperymentu NA61/SHINE oraz detektora SVAD. Kolejny rozdział zawiera zwięzły opis rekonstrukcji danych przy użyciu komór TPC, oraz szczegółowy opis rekonstrukcji danych z detektora SVAD. Autorka podaje, że sygnały rejestrowane przez stacje SAVD tworzą prostoliniowe trajektorie jeżeli określone kryterium χ^2 jest spełnione (str. 39). Kryterium nie jest jednak podane i nie wiadomo, czy jakaś optymalizacja tego kryterium miała miejsce. Nie jest także dla mnie jasne, dlaczego przy wyznaczeniu podłużnej współrzędnej pierwotnego wierzchołka ($D(z)$, str.41), nie uwzględniono efektu pola magnetycznego diskutowanego wcześniej. Rozdział ten zawiera liczne błędne odniesienia do rysunków i tabel (przykładowo Fig.4.2.2?, Table 4.2.4?), i jest to uchybienie, które często powtarza się w kolejnych rozdziałach.

Rozdział 5 poświęcony jest omówieniu kalibracji danych rejestrowanych przez komory TPC i detektor SAVD. Procedury są jasno przedstawione (modulo błędne odniesienia do rysunków). Dla recenzentki niejasne jest skąd się wzięły dokładności $10\mu\text{m}$ dla x i y i $70\mu\text{m}$ dla z w poprawianiu pozycji SAVD (str. 58 – 60).

W kolejnym rozdziale, Autorka omawia próbki analizowanych danych, selekcję przypadków i ostateczną statystykę analizowanych próbek. Następnie przechodzi do Rozdziału 7 zawierającego analizę danych i omówienie wyników. W analizie badano rozpady mezonów ($D^0 + \text{anty-}D^0$) na pion i kaon w oparciu o rozkłady masy niezmienniczej dwóch cząstek o przeciwnych ładunkach, zakładając naprzemiennie, że jedna z cząstek to pion, a druga to kaon. Identyfikacja cząstek, np. w oparciu o straty energii na jonizację w komorach TPC nie była uwzględniona w analizie. Z powodu dominującego tła kombinatorycznego, zastosowano cięcia wyznaczone w oparciu o symulacje (Rozdział 8). Zastosowanie tych cięć pozwoliło na redukcję tła o pięć rzędów wielkości, przy stłumieniu sygnału tylko o czynnik 5. Następnie Autorka poprawia wyznaczone krotności mezonów D^0 na wydajność i akceptancję oraz prawdopodobieństwo rozpadu na πK . Poprawki na wydajność i akceptancję są wyznaczone w oparciu o dwie wersje symulacji (AMPT i PHSD) i ich wyznaczenie jest opisane dopiero w następnym Rozdziale 8. Wyznaczone krotności są obarczone dużymi błędami statystycznymi, więc oszacowano także górne ograniczenia na produkcję D^0 . W celu weryfikacji możliwości detektora SVAD oraz zastosowanej analizy, Autorka przeprowadziła rekonstrukcję K_s^0 i Λ .

Do Rozdziału 7 mam następujące zastrzeżenia:

1. Podstawową wielkością są krotności mezonów D^0 , wyznaczone jako parametry fitów do rozkładów masy niezmienniczej. Na rysunkach 7.8 i 7.9 podane są ich wartości z błędami. Natomiast brakuje informacji o jakości fitów.
2. Brakuje oceny niepewności zastosowanych poprawek na wydajność i akceptancję.
3. Autorka kompletnie pomija dyskusję niepewności systematycznych. To znacznie zmniejsza wagę uzyskanych wyników i podważa możliwość ich publikacji.
4. Na rysunkach 7.11 są pokazane rozkłady masy niezmienniczej oddzielnie dla rozpadów barionów Λ i $\text{anty-}\Lambda$. Takie rozróżnienie jest możliwe po uwzględnieniu

- identyfikacji cząstek, a w prezentowanym podejściu identyfikacja cząstek nie jest w ogóle rozważana. Nie jest więc jasne jak dokonano tej separacji.
5. Str. 74 – ewidentna pomyłka świadcząca o niedbałym przygotowaniu rozprawy: „pairs which are registered within the same arm were selected for the analysis”, chociaż w rzeczywistości były odrzucane.
 6. Podobnego typu pomyłka jest na dole strony 81: „DCA values below 0.05 μm ”.

W końcu mamy Rozdział 8 poświęcony symulacjom Monte Carlo, efektywnie wykorzystywanych w Rozdziałach 4 – 7. Do symulacji użyte zostały generatory AMPT i PHSD. W oparciu o symulacje określono cięcia zwiększające stosunek sygnału do tła. To są podstawowe parametry używane w analizie i prosi się, żeby ich optymalizacja została bardziej szczegółowo omówiona, niż jednozdaniowym stwierdzeniem. Jak już wspominałam wyznaczono też poprawki na wydajność i akceptancję bez podania niepewności związanych z ich wyznaczeniem. W rozdziale tym Autorka szacuje przewidywania dla różnych modeli, w tym z wykorzystaniem pomiarów stanów z ukrytym powabem (mezonów zbudowanych z kwarka i antykwarka powabnego) przez eksperymenty NA50/NA60. Ta część z powodzeniem mogłaby być przesunięta do następnego rozdziału (Rozdział 9), gdzie zawarta jest dyskusja przewidywań modelowych w porównaniu do uzyskanych przez Autorkę wyników. Ze względu na duże niepewności wyników (nawet przy zaniedbaniu efektów systematycznych) można wykluczyć tylko jeden model – SMES. Przewidywania tego modelu przewyższają o ok. rząd wielkości przewidywania innych modeli lub doświadczalnie wyznaczone górne ograniczenia na produkcję mezonów D^0 . W tym samym rozdziale, Autorka przedstawia perspektywy badania otwartej produkcji powabu przez współpracę NA61/SHINE. Planowana jest znacząca modyfikacja detektora wierzchołka pozwalająca na znaczące (dziesięciokrotne) zwiększenie częstości zbierania danych. Umożliwi to uzyskanie próbek o statystykach znacznie przekraczających dostępne obecnie. Co więcej, zmodernizowany detektor wierzchołka będzie pokrywał znacznie większą przestrzeń fazową, a zastosowane sensory krzemowe (ALPIDE) będą miały wyższą wydajność przy obniżonym poziomie szumów. Ten zmodernizowany detektor wierzchołka pozwoli na systematyczne badanie produkcji mezonów D, także naładowanych. Ostatni rozdział rozprawy zawiera krótkie podsumowanie.

Szereg zamieszczonych powyżej uwag wskazuje na moją krytyczną ocenę przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej. Rzeczywiście, uważam, że rozprawa została przygotowana pod względem redakcyjnym niestarannie, brakuje jej przejrzystości i zawiera szereg błędów i pomyłek (tylko niektóre zostały wymienione powyżej). Częściowa wina za te niedociągnięcia spada też na Promotora.

Z drugiej strony pozytywnie oceniam pracę badawczą wykonaną przez mgr. Anastasję Merzlaya. Z przekonaniem stwierdzam, że stanowi ona oryginalne podejście do rozwiązania projektu badania produkcji mezonów powabnych. Nawet jeżeli wyniki uzyskane przez Autorkę nie stanowią przełomu, to są one niezwykle cenne dla dalszych prac nad optymalizacją detektora i zapewne zostaną (a może już są) wykorzystane przez współpracę NA61/SHINE. Uważam też, że wkład Autorki w kalibrację detektora SAVD, opracowanie procedury rekonstrukcji danych, jak również w przygotowania danych

symulacyjnych będą stanowiły cenny wkład początkowy do przyszłych prac badawczych z nowym detektorem wtórnych wierzchołków.

Stwierdzam, że prace badawcze przedstawione w rozprawie doktorskiej mgr Anastasii Merzłaya spełniają wymogi stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora i wnoszę o dopuszczenie Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

P. Wosielec