

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Zakład Fizyki Wielkich Energii

Hoża 69, 00-681 Warsaw, Poland

fax: +48-22-6212804, tel.: +48-22-5531803

Warszawa, 25 luty, 2017

Recenzja rozprawy doktorskiej pana magistra Jacka Biernata

Rozprawa doktorska pana Jacka Biernata poświęcona jest badaniu rozpadów rezonansów barionowych zachodzących z emisją par elektron-pozytron. Została podzielona na dwie części. Pierwsza część pracy została poświęcona analizie oddziaływania deuteron-proton przy energii kinetycznej padającego deuteronu 1.25 GeV/u, a więc nieco poniżej progu na produkcję mezonu $\eta(548)$ w oddziaływaniu swobodnych nukleonów. Analizowane dane zostały zebrane w eksperymencie przeprowadzonym przy synchrotronie SIS w ośrodku badawczym GSI w Darmstadt w ramach międzynarodowej współpracy HADES, zespołu wiodącego w dziedzinie badań produkcji par leptonowych w oddziaływaniach jądro-jądro od wielu lat. We wstępie do pierwszej części rozprawy autor wprowadził pojęcie elektromagnetycznego czynnika postaci, a następnie opisał dotychczasowe wyniki badań produkcji par e^+e^- w oddziaływaniach nukleon-nukleon przy energiach 1-3.5 GeV ze szczególnym uwzględnieniem wkładu od elektromagnetycznych rozpadów rezonansów barionowych z emisją wirtualnego fotonu. W paragrafie 1.3.2 zostały szczegółowo omówione dotychczasowe wyniki eksperymentu HADES na temat inkluzywnej produkcji di-elektronów w oddziaływaniach deuteron-proton przy energii 1.25 GeV/u oraz modele użyte do opisu uzyskanych wyników. Przedstawiony także został wpływ uzyskanych rezultatów na interpretację pomiarów przeprowadzanych przez współpracę HADES i eksperyment DLS w Narodowym Laboratorium im. Fermiego dla oddziaływań jądro-jądro przy energiach 1-2 GeV/u.

W drugim rozdziale autor omówił budowę i zasady działania poszczególnych elementów układu pomiarowego HADES, podkreślając jego zalety, w szczególności bardzo dobrą precyzję pomiaru masy niezmienniczej par leptonowych (około 2%), dużą akceptację geometryczną, małe tło i możliwość zbierania danych przy wielkiej częstotliwości oddziaływań dzięki specjalnemu, wielopoziomowemu systemowi wyzwalania zapisu danych.

W trzecim rozdziale pracy został przedstawiony sposób wydzielenia ekskluzywnego kanału $np \rightarrow npe^+e^-$ z reakcji $pd \rightarrow p_{sp}pne^+e^-$ (bez produkcji dodatkowych cząstek). Wybór protonu widza (spektatora) opierał się o pomiar jego pędu na podstawie czasu przelotu, a dla identyfikacji cząstek naładowanych wykorzystywano między innymi detektor Czerenkowa RICH. Istotną eliminację wkładu kanałów reakcji z produkcją dodatkowych cząstek zapewniła metoda analizy masy brakującej do układu proton-dilepton. Pozwoliło to na prawie zupełne wyeliminowanie tła od rozpadu Dalitz'a mezonu η dla

mas par e^+e^- większych od około 140 MeV, a więc w obszarze, w którym przy badanej energii dominuje elektromagnetyczny rozpad izobary Delta na nukleon i parę leptonową. Częstość takiego rozpadu jest bardzo niewielka i pomiar taki był trudny i unikalny w skali światowej.

Jednym z ważniejszych wyników pierwszej części pracy jest wyznaczenie stosunku przekrojów czynnych dla reakcji $np \rightarrow npe^+e^-$ i $pp \rightarrow ppe^+e^-$ w obszarze mas niezmienniczych M_{ee} większych niż 140 MeV. Szkoda, że nie znalazłam w pracy tabeli lub rysunku z ostatecznymi wartościami tego stosunku w funkcji masy M_{ee} po poprawieniu na akceptację detektora HADES. W podsumowaniu i w streszczeniu mówi się jedynie o nadwyżce, bez podania konkretnych wartości choćby dla dwóch przedziałów M_{ee} , w których analizowano poprawione na efekty detektorowe rozkłady kątowe.

Ciekawy i nowy jest pomiar rozkładów kątowych dileptonów i leptonów w różnych układach odniesienia. Istotne różnice rozkładów kątowych leptonów w dwóch obszarach mas niezmienniczych dileptonu (M_{ee}) wyraźnie wskazują na różne mechanizmy produkcji par leptonowych w tych obszarach. Zabrakło mi komentarza do czarnej krzywej przerywanej na prawym rysunku 3.27. Dlaczego symulacje dobrze opisują prawy rysunek 3.28, a tak bardzo odbiegają od danych na rysunku 3.27 ?

Uzyskane wyniki doświadczalne zostały skonfrontowane z wynikami symulacji Monte Carlo, opartymi o modele produkcji par leptonowych sformułowanymi w pracach Bashkanov, Clement (2014) oraz Shyam, Mosel (2010) [w rozprawie ref.32 i ref.31], nazywanymi modelami I i II. Oba modele uwzględniają w procesie produkcji rozpad π^0 , Δ i wkład od rozpadu Dalitza mezonu eta, ale różnią się mechanizmami produkcji wirtualnego mezonu ρ . Bashkanov i Clement zwracają uwagę na istotną rolę wzbudzenia dwu rezonansów Delta, a w oddziaływaniu proton-neutronu dibarionowego stanu rezonansowego o masie 2370 MeV, który ze znacznym prawdopodobieństwem może rozpaść się poprzez wirtualny mezon ρ na pne^+e^- . Pierwszy model nie uwzględnia interferencji między różnymi diagramami opisującymi oddziaływanie. Wskazuje jednak na nowy, interesujący mechanizm wzmocnienia produkcji par pionów w fali p, a więc głównie wirtualnego mezonu ρ . Model daje przewidywania dotyczące różnych zmiennych kinematycznych na przykład mas niezmienniczych pe^+e^- , pn oraz rozkładów kątowych elektronów co zostało w rozprawie wykorzystane. Użyte w tym modelu przekroje czynne na produkcję pary pionów, a w konsekwencji mezonu ρ zostały ocenione przez autorów modelu I w pracy 32 na podstawie interpolacji pomiarów produkcji par pionów przez eksperyment WASA i WASAatCOSY. Autor cytuje przyjęte przez autorów wartości przekrojów czynnych na produkcję mezonu ρ we wstępie, na stronie 18 rozprawy. Mogę więc sądzić, że używa ich także w symulacjach. Bashkanov i Clement podają jednak w swojej pracy ref[32], że dokładność tych wielkości jest nie lepsza niż 20%, co w rozprawie nie zostało wspomniane. Uważam więc, że dokoła obliczonych przez autora oczekiwań modelu I na rysunkach 3.20, 3.21 i 3.22 należało taki margines błędu normalizacji zaznaczyć, co poprawiłoby nieco poziom zgodności z modelem, choć nie zniwelowałoby całej obserwowanej różnicy.

Shyam i Mosel, w modelu nazywanym w rozprawie drugim, liczą coherentną sumę różnych diagramów opisujących bremsstrahlung w oddziaływaniu nukleon-nukleon oraz wzbudzenie i rozpad rezonansu Delta(1230). Wpływ wirtualnego mezonu ρ został dodany poprzez produkcję i rozpad rezonansu N(1520). Według autorów tych obliczeń dla opisu nadwyżki produkcji par leptonowych w obszarze mas 0.3-0.5 GeV niezbędne było wprowa-

dzenie zależnego od masy mezonu ρ , elektromagnetycznego formfaktora pionu, który jest słabo znany w obszarze czaso-podobnym. Shyam i Mosel nie podali przewidywań dotyczących rozkładów kątowych elektronów i wirtualnego fotonu, a uzyskanie ich na podstawie prezentowanych diagramów jest trudne i będzie prawdopodobnie przedmiotem kolejnej pracy teoretycznej. Wykorzystanie uzyskanych w rozprawie informacji doświadczalnych o rozkładach kątowych może pozwolić na znacznie precyzyjniejsze przetestowanie parametrów modelu.

Druga część pracy związana jest z przygotowaniem do planowanego eksperymentu PANDA. Autor opisuje projektowany i budowany kompleks akceleratorów FAIR w Darmstadt i spektrometr PANDA, który ma być tam zainstalowany na wiązce antyprotonów. Wiązka ta ma zostać uformowana w pierścieniu akumulującym HESR (High Energy Storage Ring) i oddziaływać z wewnętrzną, bezściankową, peletową tarczą protonową przecinającą wiązkę. Budowa i działanie poszczególnych elementów spektrometru PANDA zostały jasno opisane i zilustrowane ładnymi graficznie przestrzennymi schematami. Autor przeprowadził systematyczne badania planowanej odpowiedzi detektora PANDA dla kilku kanałów reakcji $\bar{p}p$ przy energii w środku masy bliskiej formacji rezonansu $\Psi(4040)$. W szczególności dotyczyły one produkcji mezonów powabnych. Symulowane było także tworzenie par hiperon-antyhiperon $\Lambda(1520)$ przy energii antyprotonów 4 GeV. Celem była ocena możliwości obserwacji rozpadu $\Lambda(1520) \rightarrow pe^+e^-$ w detektorze PANDA i uzyskanie stąd nowych informacji o naturze tego stanu, a w szczególności elektromagnetycznego czynnika postaci (formfaktora) przejścia (ang. transition form-factor). Symulacje odpowiedzi detektora zostały przeprowadzone przy użyciu dedykowanego systemu kodów komputerowych PandaRoot. Autor ocenia między innymi dokładność odróżnienia torów elektronów od pionów. W zastosowanej metodzie identyfikacji produktów reakcji wykorzystuje odpowiedzi pięciu różnych elementów detektora i metodę największej wiarygodności. W przypadku hiperonów $\Lambda(1520)$ zbadana została możliwość odróżnienia dwóch kanałów rozpadu, prowadzących odpowiednio do stanów końcowych $\bar{\Lambda}e^+e^-\pi^-p$ and $\bar{\Lambda}\pi^+\pi^-\pi^-p$. Autor ocenił oczekiwaną wartość stosunku sygnału do tła na około 10. Ocena ta nie uwzględnia jednak możliwego tła kombinatorycznego z produktami rozpadu towarzyszącego $\bar{\Lambda}(1520)$. Sposób oceny tła kombinatorycznego został poprawnie opisany dla innej reakcji w pierwszej części pracy. Sądzę więc, że analiza taka zostanie jeszcze przeprowadzona. W podsumowaniu wyników części drugiej podana jest wartość tego stosunku 10-100 bez wyraźnego uzasadnienia wartości 100 w tekście. Przeprowadzone przez autora rozprawy symulacje układu detekcyjnego wskazały na wyraźną potrzebę użycia detektora FD (ang. Forward Detector) pokrywającego małe kąty emisji szczególnie dla reakcji zachodzących z produkcją cząstek powabnych, co jest istotne dla planowania budowy detektora.

Uwagi redakcyjne

Na stronie 44 błędnie podano wartości przekrojów czynnych na produkcję mezonu eta w reakcjach oznaczonych numerami 5 i 6 (13.6 mb i 23.9 mb). Chodziło prawdopodobnie o mikrobarny. Mam nadzieję, że do generatora zdarzeń wprowadzono poprawne wartości, a jest to tylko literówka.

Rysunki 1.9 i 3.1 i 4.41 są prawie nieczytelne ze względu na zbyt małe rozmiary. W

tekście jest wiele pustych miejsc i liczba stron nie jest duża. Nie rozumiem więc dlaczego interesujące i ważne rysunki, zawierające wiele szczegółów, zostały potraktowane w ten sposób.

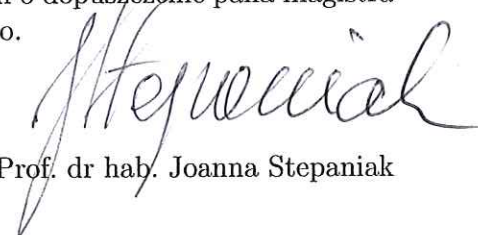
Podpisy pod rysunkami nieprzyjemnie zlewają się z głównym tekstem. Należałoby użyć na przykład innej czcionki.

W tekście zauważyłam kilka drobnych niedokładności polegających na przykład na przedstawieniu liter np form-from, używanie formy "in function". W polskim streszczeniu pojawiły się "pary di-elektronów", "oczekuje się znaczący wpływ", skrót "w.w", krotność produkcji zamiast częstość, zderzenia "typu np".

Jednocześnie bardzo ładna jest strona graficzna schematów układów doświadczalnych układów detektorów HADES i PANDA. Również przejrzystość zostały opisane zasady działania poszczególnych ich elementów. Zarówno tych istniejących, jak i planowanych.

Podsumowanie

Praca zawiera szereg nowych, interesujących i ważnych wyników. Autor sprawnie wykorzystuje różne metody analizy danych i rozumie działanie i ograniczenia różnych elementów aparatury i metod pomiarowych. Szkoda, że w pracy nie jest dobrze wypunktowany osobisty wkład doktoranta w nadzór działania eksperymentu i rozwój aparatury i softwaru. Przyjmuję, że wyniki zamieszczone w trzecim rozdziale pierwszej części i w drugiej części rozprawy są jego dziełem autorskim, jeśli nie ma wyraźnego odniesienia do wcześniejszych opracowań. Mogłam się także oprzeć na pozytywnej opinii promotorów i współautorstwie kilku publikacji współpracy HADES. Uważam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa pana magistra Jacka Biernata spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie fizyka. Wnioskuje zatem o dopuszczenie pana magistra Jacka Biernata do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Joanna Stepaniak

email Joanna.Stepaniak@ncbj.gov.pl, tel.669 631 881