



Prof. dr hab. Piotr Salabura

Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego

Uniwersytet Jagielloński

30-059 Kraków

2.12.2017

Kraków

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Damiana Pszczela zatytułowana
„Search for a new light boson in meson decays”

Praca doktorska mgr. Pszczela „Search for a new light boson in meson decays” przedstawia trzy ważne wyniki dotyczące: (a) czynnika postaci przejścia $\eta \rightarrow \gamma e^+ e^-$ (b) górnej granicy na rozpad $\eta \rightarrow e^+ e^-$ (c) górnej granicy na stałą sprzężenia bozonu U (tzw. ciemnego fotonu) do fotonu modelu Standardowego. Wszystkie rezultaty otrzymano z analizy jednego eksperymentu przeprowadzonego w roku 2012 przez współpracę WASA w FZ Juelich przy pomocy pomiarów reakcji proton-proton przy energii kinetycznej wiązki 1.4 GeV.

Pomiar współczynnika przejścia mezonów w rozpadach typu Dalitza dostarczają istotnej informacji na temat struktury wewnętrznej w obszarze czasowym. Funkcja czynnika postaci jest wyrażona w zależności od masy niezmienniczej pary leptonów i dla znanych lekkich mezonów wskazują na duże wzmocnienia spowodowane przez pośredniczące mezony wektorowe, szczególnie ρ , co w konsekwencji wpływa na rozmiary hadronów. Czynniki postaci lekkich mezonów pseudo-skalarnych odgrywają także istotną rolę do obliczeń poprawek hadronowych do wartości $(g-2)$ dla mionu, którego pomiar wskazuje odchylenia od obliczeń QED. W wyniku analizy, mgr. Pszczel wyznaczył zależność współczynnika postaci od masy leptonów dla mezonu η oraz parametr nachylenia $\Lambda^2 = 1.97 \pm 0.29_{\text{stat}} ({}^{+0.13}_{-0.29})_{\text{sys}} \text{ GeV}^{-2}$. Uzyskane wyniki są zgodne

z innymi precyzyjnymi pomiarami oraz przewidywaniami modelu dominacji mezonów wektorowych.

Wykorzystując dużą czystość uzyskanej próbki rzadkiego rozpadu Dalitza η ($BR \approx 7.0 \cdot 10^{-3}$) mgr. Pszczel wyznaczył także górną granicę na parametr sprzężenia (ϵ^2) hipotetycznego bozonu U w funkcji masy leptonów (dla $m < m_\eta$) (rysunek 8.19 w pracy). Bozon U, zwany także ciemnym fotonem, został zaproponowany w rozszerzeniu Modelu Standardowego jako bozon pośredniczący pomiędzy sektorem ciemnej materii i fotonem. Analizując w podobny sposób stan końcowy $p\bar{p}e^+e^-$ mgr. Pszczel wyznaczył także górną granicę na dwuciałowy, silnie tłumiony w Modelu Standardowym, rozpad mezonu η na poziomie $6.2 \cdot 10^{-5}$

Praca składa się z 8 rozdziałów; wprowadzenia i uzasadnienia pomiaru (rozdział 1) przedstawienia detektora WASA (Wide Angle Shower Apparatus) oraz wstępnej selekcji interesujących zdarzeń (rozdziały 2,3), opisu symulacji Monte Carlo tła i sygnału (rozdział 4), identyfikacji interesujących kanałów reakcji oraz kanału użytego do normalizacji $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ (rozdział 5), ekstrakcji sygnału $\eta \rightarrow \gamma e^+e^-$ (rozdział 6), sygnału $p\bar{p}e^+e^-$ w obszarze masy η (rozdział 7) oraz ostatecznych wyników wymienionych powyżej.

Przedstawiona metoda analizy, czystość uzyskanych próbek a w szczególności dobra separacja sygnału od tła nie budzą moich wątpliwości. Ich osiągnięcie nie jest trywialnym zadaniem ze względu na konkurencyjne kanały z pionami które są rzędy wielkości silniejsze niż rozpady dielektronowe. Z tym zadaniem mgr, Pszczel poradził sobie bardzo dobrze wykorzystując oprócz metod identyfikacji cząstek więzy narzucane przez kinematykę reakcji w procesach ekskluzywnych. Proces analizy został także wsparty obszernymi symulacjami Monte Carlo, które jednak nie do końca pozwalają na precyzyjną estymację tła. Zastosowana w tej sytuacji metoda ekstrakcji widma masy niezmienniczej z rozpadu Dalitza mezonu η oparta na empirycznym dopasowaniu widm mas brakujących dla poszczególnych obszarów (binów) masy inwariantnej dielektronów (rozdział 6.9) była niewątpliwie najlepszym rozwiązaniem .

Poszukiwanie sygnałów z rozpadów dwuciałowych mezonu η oraz bozonu U zakończyły się niepowodzeniem ale umożliwiły wyznaczenie górnych granic na powyższe rozpady według reguł sztuki.

Praca napisana jest czytelnie, wykaz nielicznych błędów edytorskich oraz drobnych nieścisłości wskazuje w osobnym dokumencie w celu ewentualnego wykorzystania przez autora. Generalnie trochę słabszym punktem z punktu widzenia recenzenta są lakoniczne opisy rysunków które nie pozwalają na łatwe zrozumienie tego co zostało narysowane (zwłaszcza w części dotyczącej analizy i wyników)

Uwagi merytoryczne oraz pytania które mi się nasunęły w trakcie lektury zamieszczam poniżej w kolejności poszczególnych rozdziałów.

W rozdziale 2.3 dotyczącym systemu akwizycji danych niejasne jest dla mnie stwierdzenie że system jest w stanie procesować zdarzenia z prędkością do 20 MHz (pomijając kwestię zapisu na dysk) w sytuacji kiedy podane czasy 200 i 500 ns potrzebne na wykonanie zadań 1 lub 2 poziomu tryggera, odpowiednio sugerują szybkości do 2 MHz.

W rozdziale 3.1 (potem także w rozdziale 6.3-rysunki 3.5/6.10/6.11) przedstawiono metodę identyfikacji leptonów opartą na empirycznie wyznaczonych warunkach na dwu-wymiarowych rozkładach ΔE vs pęd . Brak jednak w pracy jakiegś bardziej ilościowej informacji o separacji elektronów od pionów w funkcji pędu . Ponadto, widoczne różnice pomiędzy symulacją a eksperymentem nasuwają pytanie prawidłowe modelowanie ich efektywności w obliczeniach wydajności na rekonstrukcję sygnału, która jest istotna chociażby dla poprawek.

W rozdziale 5.2 omówione są metody dopasowania widma mas dwu-fotonowych, brakuję podania wartości dopasowania χ^2/ndf które pozwoliłyby lepiej zobrazować różnice dla poszczególnych przypadków a w szczególności uzasadnić konieczność wprowadzenia dodatkowego tła podanego przez wielomian. W rozdziale 5.3 podano oszacowanie wydajności tryggera ale nie bardzo mogłem zrozumieć jak te dwie , różniące się wielkości podane w 5.3.1.1 i 5.3.1.2, mają się do wydajności tryggera TR10, i czy te szacowania są w ogóle istotne przy zastosowanej metodzie normalizacji do $\eta \rightarrow \gamma\gamma$. Zastosowano w końcu ten sam tryger dla obu typu reakcji ($\eta \rightarrow \gamma\gamma$, ($\eta \rightarrow e^+e^-\gamma$) (przy okazji co oznaczają symbole i wartości w tabeli 5.7.?)

W rozdziale 6.3 tabela 6.1 podaje wartości akceptancji (rozumianej tutaj chyba jako całkowitą wartości akceptacji, wydajności na rekonstrukcję, efekty zastosowanych cięć oraz tryggera?) i oczekiwanych liczb zliczeń dla sygnału i tła. Tabela powinna także

zawierać przekroje czynne , wraz z błędami, oraz powinna być podana informacja dla jakiego czasu pomiarowego są oczekiwane te wartości . To pytanie wiąże się także z pytaniem o rys 6.24 gdzie porównano symulacje z eksperymentem ale brak informacji na jakiej zasadzie uzgodniono normalizację. Podobne pytanie o normalizację symulacji rodzi się czytając rozdział 8.1.1, mówiący o odjęciu symulowanych komponent tłowych. Ma to tutaj zasadnicze znaczenie dla ekstrakcji czynnika postaci (o ile dobrze zrozumiałem procedurę)

W rozdziale 8 przedstawiono górną granicę na parametr ε^2 (rysunek 8.19). Myślę że podane wartości powinny być porównane z istniejącymi wynikami z innych eksperymentów. W tym kontekście lepszym rysunkiem niż podany we wstępie 1.7 byłby rysunek takiej kompilacji dla szerszego obszaru masy.

Powyższe uwagi oraz pytania nie mają wpływu na pozytywną ocenę pracy. Nie mam najmniejszych wątpliwości że przedstawiona praca spełnia warunki ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, dlatego te ż wnoszę do Rady NCBJ o dopuszczenie mgr. Pszczela do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem

Piotr Salabura



Uwagi edytorskie

Str1 : trough through

Str18: symetria chiralna nie jest tożsama z symetria SU(3) dla bezmasowych kwarków

Str 7: brak cytowania

Str. 27 $5 \cdot 10^6$ to 5 MHz, nie 50 MHz

Str32: „The energy calibration of the CD is based on the photon originating from pion decays and on the reconstruction of those.” To zdanie dotyczy raczej kalibracji części detektora CD, kalorymetru. Kalibracja detektora MDC wymaga naładowanych cząstek, czego Pan nie omawia. Warto było także wyraźnie oddzielić w pracy własności rozdzielcze pędowe, masy niezmienniczej otrzymywanej przez kalorymetr oraz detektor śladów

Str 37: WASA Monte Carlo: brak odnośnika do jakiejś pracy która omawia proces symulowania odpowiedzi detektora

..so are the cross sections.. so do the cross sections

„This structure sits very close” The pole of resonance is very close

Str 38: Figure 4.2 nie zawiera procesu formacji S11

Str. 42 „form factor” transition form factor (wiele takich przypadków w pracy)

Str. 44: Rozdział 4.5.1 bardzo wskazana byłaby tabelka z przekrojami czynnymi, ich błędami

Str. 55 : nad tabelką tekst mówi że wyniki pochodzą z fitu zawierającego wielomian, opis tabelki 5.6 ze nie

Str. 58: brak opisu zawartości tabeli 5.7, w szczególności symboli (czy na pewno pierwszy wiersz zawiera 10 razy mniejszą statystykę?)

Str 72: Figure 6.17/6.18/6.19/6.20 brak opisu osi X,Y. Lepiej było zastosować kwadrat masy brakującej

Rysunki 6.27/6.28 – brak pełnego opisu rysunków

Str.85 Brak jednoznacznej definicji na obserwacjach jakiego detektora zdefiniowano warunki ? Domyślam się ze kalorymetru.. Czy tak rzeczywiście może być że depozyt energii na każdym śladzie musi być większy niż 320 a na sumie tylko 550 MeV?

Str 89 brak opisu jak uzgodniono normalizację dla odjęcia symulowanego tła w rozdziale 8.1.1

Str. 90 Brak pełnego opisu tabeli 8.1 9 (co oznacza liczba 280?)

Str.93: Opis rysunku Transition Form factor as a function of invariant mass extracted with the fit procedure (see text for details). Dashed line ..(itd.)

Str. 104: Rysunki 8.21-8.24 nie opisane w tekście . Rysunki 8.20-32 – brak pełnego opisu