

dr hab. Tomasz Kozik, prof. UJ
Instytut Fizyki
Uniwersytet Jagielloński
ul. Łojasiewicza 11
30-348 Kraków

Kraków, 12 grudnia 2018

Recenzja
pracy doktorskiej mgr Damiana Gila
pt. „Near-Threshold Kaon Pair Production in Proton-Proton Collisions”

Recenzowana praca doktorska dotyczy produkcji mezonów w zderzeniach protonów. Kluczowym zagadnieniem podjętym w pracy jest próba wyznaczenia przekroju czynnego dla reakcji $pp \rightarrow ppK^+K^-$ oraz zbadanie oddziaływań w stanie końcowym pomiędzy parami cząstek K^+K^- , pK^+ , pK^- . Zainteresowanie oddziaływaniem wewnątrz tych par jest związane z przewidywaniami kilku modeli teoretycznych odnośnie kaonowej struktury molekularnej mezonów $f_0(980)$ i $a_0(980)$ oraz hiperonu $\Lambda(1405)$ jako stanu związanego pK^- . Dane eksperymentalne przeanalizowane w pracy doktorskiej zostały zmierzone przy pomocy systemu detekcyjnego COSY-11 na wewnętrznej wiązce protonowej akceleratora COSY w Centrum Badawczym Jülich w Niemczech. Recenzowana praca napisana jest w języku angielskim, składa się z sześciu rozdziałów, zawiera 52 strony, 38 rysunków, w tym kilka wielopanelowych, 5 tabel. Spis literatury obejmuje 61 pozycji.

We wstępie Autor definiuje przedmiot badań, podaje krótki rys historyczny oraz ogólną charakterystykę zagadnienia pomiaru produkcji mezonów w pobliżu progu kinematycznego. Następnie przedstawia motywację przeprowadzenia prezentowanych badań oraz omawia syntetycznie dotychczas uzyskane wyniki eksperymentalne oraz sytuację teoretyczną dotyczącą tematu. Dalsza część wstępu stanowi krótki przewodnik po pracy, przedstawiający sposób, w jaki została skomponowana.

W rozdziale drugim podane są bardziej szczegółowe elementy fizyczne motywujące do przeprowadzenia opisanych badań. Na początku przedstawiono interpretacje teoretyczne struktury mezonów $f_0(980)$ i $a_0(980)$ jako systemów kwark-antykwarak oraz układów molekularnych kaonów $K\bar{K}$. Podobne rozważania przedstawiono także dla hiperonu $\Lambda(1405)$ jako stanu związanego pomiędzy kaonem i nukleonem. W dalszej części rozdziału znajdujemy opis własności kaonów, będących w środowisku gęstej barionowej materii, otrzymany w badaniach relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów. Zaprezentowano także dotychczasowe wyniki pomiarów funkcji wzbudzenia dla badanej reakcji $pp \rightarrow ppK^+K^-$.

Rozdział trzeci stanowi opis eksperymentu i składa się z kilku tematów. Najpierw znajdujemy charakterystykę instalacji COSY (COoler SYnchrotron) wraz z podaniem istotnych technicznych parametrów dotyczących dostępnych energii oraz sposobów stochastycznego chłodzenia. Następnie przedstawiono system detekcyjny składający się z komór dryfowych i scyntylacyjnych hodoskopów, ściany scyntylacyjnej, zespołu detektorów

półprzewodnikowych, a także istotnego elementu układu w postaci wodorowej tarczy gazowej. Rozdział zamyka prezentacja organizacji akwizycji danych oraz warunków logicznych akceptacji zdarzenia, czyli tzw. triggera systemu.

Rozdział czwarty, stanowiący najistotniejszą część pracy, poświęcony jest szczegółowej prezentacji analizy danych z pomiarów reakcji $pp \rightarrow ppK^+K^-$ wykonanych w 2005 roku przy pędzie wiązki równym 3.316 GeV/c, zapewniającym energię ponad progową dla systemu ppK^+K^- równą zaledwie 4.5 MeV. Analiza w fazie przygotowawczej objęła kalibrację czasowo-przestrzenną komór dryfowych oraz kalibrację czasową hodoskopów scyntylacyjnych. Poszukiwania zdarzeń K^+K^- wykonano w kolejnych krokach obejmujących następujące działania: rekonstrukcję pędu zdarzenia, identyfikację protonów, identyfikację mezonów K^+ , a następnie selekcję zdarzeń $pp \rightarrow ppK^+K^-$. Całkowity przekrój czynny na badaną reakcję jest funkcją liczby zarejestrowanych zdarzeń, akceptacji detektora i świetności skumulowanej podczas trwania eksperymentu. Tę ostatnią wartość wyznaczono na podstawie wyników koincydencyjnych pomiarów sprężystego rozpraszania protonów. Pomiaru tego rozpraszania porównano także z wynikami eksperymentu EDDA oraz obliczeniami programem SAID, opartym na analizie fal cząstkowych. Akceptacja detektora została wyznaczona przy użyciu symulacji Monte Carlo pomiaru badanej reakcji $pp \rightarrow ppK^+K^-$, zakładając jednorodny rozkład produktów reakcji w dostępnej przestrzeni fazowej. Ponieważ w eksperymencie nie zaobserwowano żadnych zdarzeń odpowiadających tej reakcji, oszacowano górną granicę wartości całkowitego przekroju czynnego na poziomie ufności 95%. Otrzymane oszacowanie porównano z dotychczas zgromadzonymi danymi eksperymentalnymi oraz z obliczeniami modelowymi dla energii nadprogowych w zakresie od 1 do 100 MeV.

W rozdziale piątym przedstawiono analizę zdarzeń typu $pp \rightarrow ppX$. Wyznaczono przekroje czynne na reakcje $pp \rightarrow pp\omega$ oraz $pp \rightarrow pp\eta'$. Otrzymane wartości są zgodne z trendem zarysowanym przez dotychczasowe dane i wyniki przewidywań teoretycznych opartych o model wymiany pojedynczego pionu. Ta otrzymana zgodność przekrojów czynnych na produkcję mezonów ω i η' z rezultatami innych pomiarów jest w pracy podnoszona jako potwierdzenie poprawności uprzedniego wyznaczenia świetności.

W podsumowaniu wymieniono podstawowe informacje dotyczące przeprowadzonego eksperymentu oraz jego analizy oraz najważniejszy wynik pracy w postaci oszacowania ograniczenia na przekrój czynny dla przyprogowej produkcji pary kaonów. Wynik ten odbiega od trendu zależności energetycznej dotychczas wyznaczonej, w dużej mierze na tej samej instalacji COSY. Mamy tu do czynienia ze znacznym spadkiem wartości przekroju czynnego w badanym obszarze energii nadprogowych, również w porównaniu z wynikami obliczeń teoretycznych. W recenzowanej pracy przywołane są dwie możliwe przyczyny takiego stanu rzeczy: pierwsza dotyczy niepełnego uwzględnienia oddziaływania kulombowskiego w opisie teoretycznym kanały wyjściowego reakcji, druga jest powiązana ze wspomnianą wcześniej hipotezą tworzenia molekuly kaonowej.

Przechodząc do oceny pracy doktorskiej mgr Damiana Gila stwierdzam, że praca została przygotowana z należytą starannością, tak od strony zastosowanej techniki edytorskiej i poprawności językowej, jak i merytorycznej. Posiada przejrzysty układ, prowadząc czytelnika poprzez prezentację eksperymentu i analizę danych, zapewniając mimo niewielkiej objętości wystarczający opis przeprowadzonych badań. Wątpliwości i pytania powstałe podczas lektury pracy doktorskiej ujmuję w następujących punktach:

- Szczegółowy opis instalacji COSY oraz systemu detekcyjnego COSY-11 zamieszczone w pracy mogą świadczyć o bardzo dobrej znajomości przedsięwzięcia od strony eksperymentalnej. Pewien problem, towarzyszący pracom powstającym w wyniku działania dużych grup badawczych, stanowi ocena indywidualnego udziału jednostki w zbiorowym przedsięwzięciu i chciałbym uzyskać informację o osobistym wkładzie eksperymentalnym doktoranta w pozyskaniu analizowanych danych.
- Analiza danych wsparta jest prawidłowo symulacjami Monte Carlo, ale brak jest komentarza do widocznych różnic pomiędzy wysymulowanymi i zmierzonymi rozkładami.
- Wartości świetlności podane w tabeli 4.2 posiadają rozrzut większy niż można by oczekiwać z oszacowania błędów statystycznych i systematycznych. Lepszemu zrozumieniu tej sytuacji pomógłby komentarz na temat możliwych przyczyn.
- Przedstawione w pracy badania oparte są na danych eksperymentalnych zmierzonych do roku 2007. Od tego czasu minęło wiele lat i w międzyczasie zapewne powstały projekty kontynuacji badań w tej dziedzinie, zarówno eksperymentalnych jak i teoretycznych. Jak rysują się przyszłe działania w tej dziedzinie fizyki ?
- Wśród uwag o charakterze formalnym chciałbym wymienić, że w pracy zdarzają się odwołania do rysunków, które poprzedzają jego pojawienie się o kilka stron, co nie ułatwia lektury, np. jako jedno z kilku: Fig.3.8: odwołanie na str.16 do rysunku umiejscowionego na str. 18.

Powyższe uwagi nie wpływają w istotny sposób na całościową ocenę pracy. Jestem przekonany, że praca pana mgr Damiana Gila spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, jest jego oryginalnym osiągnięciem, została wykonana metodami uznanymi za właściwe w dyscyplinie fizyki cząstek elementarnych, posiada niewątpliwe walory naukowe. Dlatego wnoszę o dopuszczenie jej Autora do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.



Tomasz Kozik