

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr Iryny Schätti-Ozerianskiej pt.
Determination of the analysing power for the $\vec{p}p \rightarrow p\eta$
reaction using WASA-at-COSY detector system.

Synchrotron COSY, pracujący w FZ Juelich, Niemcy, dzięki zastosowaniu schładzania stochastycznego i elektronowego pozwala na uzyskanie wiązki protonów o precyzyjnie określonej wartości pędu z przedziału 300-3700 MeV/c. Ponadto możliwość wyprodukowania wiązki spolaryzowanych protonów i deuteronów pozwala na rozszerzenie zakresu mierzonych obserwacji np. o zdolność analizującą. Badanie tej obserwacji, a w szczególności jej rozkładu kątownego, w reakcji $\vec{p}p \rightarrow p\eta$ przy dwóch wartościach pędu wiązki spolaryzowanych protonów wynoszących 2026 MeV/c oraz 2188 MeV/c, odpowiadających energiom nadprogowym wynoszącym odpowiednio 15 MeV i 72 MeV, jest tematem recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr I. Schätti-Ozerianskiej. Znajomość zależności kątowej zdolności analizującej i jej wartości powinna pozwolić na znacznie lepszą weryfikację modeli produkcji mezonu η w zderzeniach nukleon-nukleon. Można się spodziewać, że dostarczenie nowych, precyzyjnych danych powinno rozstrzygnąć, który z proponowanych modelowych opisów produkcji jest dominujący: wymiana mezonu pseudoskalarnego bądź wymiana mezonu wektorowego. Porównanie otrzymanych rozkładów kątowych zdolności analizującej dla reakcji $\vec{p}(p)p \rightarrow p\eta$ prowadzącej do produkcji mezonu η z przewidywaniami teoretycznymi było również celem badań podjętych przez doktorantkę. Opis przeprowadzenia eksperymentu, analiza uzyskanych wyników oraz próba ich interpretacji są treścią rozprawy doktorskiej Pani mgr I. Schätti-Ozerianskiej.

Wyniki uzyskane w rozprawie doktorskiej Pani mgr I. Schätti-Ozerianskiej stanowią niewielką część bardzo bogatego i wartościowego dorobku grupy fizyków z Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego współpracujących od wielu lat z FZ Juelich, i to nie tylko w ramach eksperymentu WASA-at-COSY. Warto podkreślić, że wyniki wspólnych badań zostały opublikowane w wielu publikacjach w renomowanych czasopismach naukowych. Były także zawarte w sporej liczbie obronionych rozpraw doktorskich, z których kilka miałem przyjemność recenzować.

Rozprawa doktorska Pani mgr I. Schätti-Ozerianskiej składa się z dziewięciu rozdziałów, wliczając w to wstęp i podsumowanie, oraz dwóch dodatków i spisu literatury. Promotorem jest Pan prof. dr hab. Paweł Moskal, a promotorem pomocniczym dr inż. Marcin Zieliński. Układ pracy jest typowy dla prac z fizyki eksperymentalnej.

We wstępie i w rozdziale drugim autorka przedstawia uzasadnienie wyboru tematu rozprawy doktorskiej. Omawia także w sposób skrótowy ale wystarczający dynamikę zderzeń proton-proton prowadzącą do produkcji mezonu η . Definiuje także wielkość będącą w centrum zainteresowań doktorantki - zdolność analizującą. W rozdziale trzecim znajdują się opisy synchrotronu COSY oraz układu detekcyjnego WASA-at-COSY, w tym opis produkcji

spolaryzowanej wiązki protonów. Opisy te są oszczędne, a bardziej dociekliwy czytelnik zainteresowany poszczególnymi *poddetektorami* jest odsyłany do pozycji literaturowych, którymi są także rozprawy doktorskie. Rozdział czwarty zawiera szczegółowy opis dwóch metod wyznaczenia wierzchołka oddziaływania, co ma decydujący wpływ na błąd systematyczny polaryzacji, która jest znajdowana z asymetrii liczby przypadków w poszczególnych zakresach kątowych. Obie metody dają położenia wierzchołka oddziaływania różniące się o mniej niż ± 0.5 mm (str. 42 rozprawy). W rozdziale piątym rozprawy Pani mgr I.Schätti-Ozerianska zajmuje się problemem określenia stopnia polaryzacji protonów dla wiązki spolaryzowanej (dla dwóch rzutów spinu) i niespolaryzowanej. Warto zauważyć stabilną pracę akceleratora, co jest widoczne na rys.5.7 (str. 53) gdzie wartość polaryzacji jest pokazana dla całego okresu zbierania danych. Rozdział szósty zawiera opis identyfikacji badanej reakcji $\text{vec}(p)p \rightarrow pp\eta$. Autorka wybiera dwa kanały rozpadu krótkożyciowego mezonu η do cząstek neutralnych: $\eta \rightarrow 2\gamma$ oraz $\eta \rightarrow 3\pi^0 \rightarrow 6\gamma$. Do identyfikacji obu kanałów rozpadu mezonu η zastosowano dwie metody – masy niezmienniczej i tzw. masy brakującej, przy czym w analizie kanału rozpadu mezonu η na trzy mezony π^0 żądano co najmniej sześciu depozycji energii w kalorymetrze elektromagnetycznym. Do wyliczenia zdolności analizującej reakcji $\text{vec}(p)p \rightarrow pp\eta$ dla dwóch wartości pędu wiązki protonów 2026 MeV/c oraz 2188 MeV/c wykorzystano tzw. konwencję Madison definiującą względne położenia układu trzech ciał (rys. 7.1, str. 66). Wyniki są przedstawione na rysunkach i w tabelach zamieszczonych w rozdziale siódmym rozprawy. Porównanie przewidywań modelowych otrzymanych z modeli zakładających wymianę mezonu pseudoskalarne go bądź wektorowego z wynikami pomiaru jest treścią rozdziału ósmego. W tym rozdziale Pani mgr I.Schätti-Ozerianska podjęła także próbę dopasowania rozkładów kątowych zdolności analizującej wielomianami Legendre'a co pozwala na wyciągnięcie informacji o falach cząstkowych biorących udział w badanej reakcji, jak i o ich ewentualnej interferencji. Rozprawę kończy jednostronicowe podsumowanie. Spis dobrze dobranej literatury liczy 103 pozycje.

Kilka uwag/zapytań do sposobu przeprowadzenia pomiaru, analizy wyników i ich interpretacji zamieszczam poniżej:

1. Na początku rozdziału piątego (str. 48) autorka pisze, że oprócz reakcji $\text{vec}(p)p \rightarrow pp\eta$, będącej przedmiotem rozprawy, badano rozpraszanie elastyczne w układzie proton – proton, którego celem było monitorowanie świetlności i stopnia polaryzacji wiązki, oraz monitorowanie działania układu detekcyjnego WASA-at-COSY. Rozdział piąty rozprawy zawiera opis wyznaczenia stopnia polaryzacji wiązki oraz jego monitorowania w czasie pomiarów (rys. 5.7, str. 53). Natomiast nie znalazłem informacji o stabilności wiązki protonów i działaniu detektora w trakcie zbierania danych.
2. Uważam, że autorka mogła wyliczyć *explicite final selection criteria*, które zostały zastosowane aby otrzymać wartości analizujące przedstawione w tabelach 7.1 i 7.2, oraz na rys. 7.9 (strony 72 i 73).
3. W tabelach 7.3 i 7.4 (str. 76) podano, dla obu wartości pędu protonów wiązki, zakresy *fitowania* na histogramach masy niezmienniczej dla których przypadki zostały zakwalifikowane jako odpowiadające masie mezonu η . Zakresy te są podane dla kolejnych wartości kąta polarnego pomiędzy osią z (kierunek wiązki) a pędem wylatującego mezonu η (w tzw. konwencji Madison, rys. 7.1, str. 66) i się między sobą nieznacznie różnią. Dlaczego użyto różnych zakresów i jaki to miało wpływ na znalezione wartości zdolności analizującej?

4. W całym rozdziale siódmym rozprawy w oznaczeniu badanej reakcji $vec(p)p \rightarrow pp\eta$ nie pojawia się *wektor* nad protonem. Czy jest to tylko przeoczenie, czy też jest uzasadnienie dla takiej notacji?

Nieczęsto w rozprawach doktorskich, a nawet w publikacjach naukowych, można spotkać dogłębną dyskusję błędu systematycznego. Dlatego należy podkreślić i docenić niezwykle rzetelną, a zarazem pracowitą, analizę wpływu wyznaczenia wierzchołka oddziaływania na wartość polaryzacji (rozdział 5.3), analizę wpływu „odcięcia” tła w rozkładach masy brakującej na liczbę przypadków prowadzących do produkcji mezonu η (rozdział 6.3), oraz dyskusję błędu systematycznego zdolności analizującej zawartą w rozdziale 7.3 rozprawy. Autorka wykorzystała metodę Barlowa, stosowaną *standardowo* przez współpracę fizyków WASA-at-COSY do testowania wpływu czterech czynników (identyfikacja cząstek, liczba znalezionych mezonów η , zmiana polaryzacji oraz dwa badane kanały rozpadu mezonu η) na błąd systematyczny zdolności analizującej. Oczywiście także błędy statystyczne są podane dla mierzonych wartości zdolności analizującej. Trzeba zauważyć, że analizowany zestaw danych był bardzo obszerny i zawierał ok. 400 000 przypadków.

Rozprawa doktorska Pani mgr I. Schätti-Ozerianskiej jest napisana w języku angielskim, w sposób prosty i zrozumiały. Nie mam uwag do strony językowej pracy, ale jednocześnie nie czuję się w pełni kompetentny do oceny pracy pod tym względem. Chciałbym podkreślić bardzo wysoki poziom edytorski pracy. Zarówno rysunki jak i tabele są czytelne i znakomicie ilustrują tekst.

Podsumowując, uważam, że zawarte w rozprawie doktorskiej Pani mgr Iryny Schätti-Ozerianskiej wyniki badania zdolności analizującej dla reakcji $(vec)p p \rightarrow pp\eta$ są oryginalne i stanowią cenne uzupełnienie danych dotyczących mechanizmu produkcji mezonu η . Należy podkreślić, że dla wartości energii blisko progu na reakcję, a takie dwie energie pędu wiązki zostały wybrane przez współpracę fizyków WASA-at-COSY, niewielka ilość fal cząstkowych wystarcza do opisu reakcji, co jest istotne dla weryfikacji modeli teoretycznych. Doktorantka wykazała, że w bardzo dobrym stopniu opanowała warsztat fizyka wykonującego eksperymenty w fizyce wysokich energii, począwszy od techniki pomiarowej, poprzez rekonstrukcję zdarzeń po zaawansowane metody analizy danych. Zamieszczone w pracy skrótowe omówienia modeli teoretycznych, jak również porównanie ich przewidywań z danymi świadczą o wystarczającej, jak na fizyka eksperymentatora, orientacji autorki w mechanizmach produkcji mezonów.

Po takim podsumowaniu wniosek może być tylko jeden: na podstawie przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej Pani mgr Iryny Schätti-Ozerianskiej pt. *Determination of the analysing power for the $vec(p)p \rightarrow pp\eta$ reaction using WASA-at-COSY detector* systemstwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Jan Kisiel