

**Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr Sedigheh Jowzaee pt.
„Self-Supporting Straw Tube Detectors for the COSY-TOF and
PANDA Experiments”**

Budowane obecnie nowe laboratorium fizyki jądrowej i cząstek elementarnych o nazwie FAIR niedaleko Darmstadt w Niemczech będzie jednym z większych tego typu centrów badawczych na świecie. Przewidywane w tym laboratorium wiązki: antyprotonowa i ciężkich jonów będą służyć do badania procesów zachodzących w materii jądrowej. Jeden z planowych programów fizycznych w laboratorium FAIR dotyczy oddziaływania antyprotonów z jądrami atomowymi. Eksperyment o nazwie PANDA jest właśnie tym, którego program fizyczny zakłada wykorzystanie wiązki antyprotonowej. Głównymi celami fizycznymi tego eksperymentu jest badanie stanów charmonium oraz produkcji otwartego powabu. Ponadto eksperyment ten będzie poszukiwał egzotycznych glonów np. gluballi (gg , ggg) i tetrakwarków ($q\bar{q}q\bar{q}$). W eksperymencie planowane jest wykorzystanie samopodtrzymujących się gazowych detektorów słomkowych. Detektory te będą częścią cylindrycznego Straw Tube Tracker (STT) oraz Forward Tracker (FT). Ich zadaniem jest pomiar trajektorii i start energii produktów powstających w reakcjach zderzenia antyprotonu z protonem lub jądrem atomowym, która jest niezbędna do późniejszego określenia pędów tych produkowanych naładowanych cząstek oraz ich identyfikacji. Wysokie wymagania jakie stawiane są przed detektorami słomkowymi, które znajdą zastosowanie w detektorze PANDA powodują, że niezbędne jest określenie ich własności. Autorka w przedstawionej do recenzji pracy podjęła się właśnie tego zadania. Główna część pracy jest poświęcona symulacji detektorów słomkowych z wykorzystaniem programu Garfield, przetestowaniem metody Time Over Threshold (TOT) dla tychże detektorów jak i sprawdzenie możliwości identyfikacji cząstek naładowanych z wykorzystaniem detektorów słomkowych i metody TOT. Detektory słomkowe, których planowane jest

zastosowanie w eksperymencie PANDA są obecnie wykorzystywane w eksperymencie COSY-TOF. Dlatego przedstawiona w pracy analiza ekskluzywnego kanału reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+A$ właśnie z wykorzystaniem tego typu detektorów wydaje się być cennym uzupełnieniem. Analiza ta ma na celu nie tylko przedstawienie możliwości zastosowania detektorów słomkowych jako części składowych w dużych układach pomiarowych ale także prezentuje znaczące dla fizyki wyniki z ekskluzywnego kanału reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+A$.

Rozprawa doktorska Pani mgr Sedigheh Jowzaee składa się z dziewięciu rozdziałów wliczając wstęp i podsumowanie, oraz dwóch dodatków. We wstępie autorka przedstawia uzasadnienie wyboru tematu pracy. Rozdział pierwszy w całości poświęcony jest detektorowi PANDA, znajduje się tam opis laboratorium FAIR, przybliżenie programu fizycznego jaki będzie realizowany na detektorze PANDA oraz szczegółowy opis samego detektora. W rozdziale tym zawarty jest także opis tzw. PANDA STT, którego właśnie głównym elementem składowym będą detektory słomkowe. Rozdział drugi to opis procesów fizycznych zachodzących w detektorach słomkowych. Bardzo szeroko omawiane jest zagadnienie dotyczące wyznaczania prędkości dryfu elektronów. Rozdział ten jest wstępem teoretycznym do kolejnego (trzeciego) rozdziału, w którym przedstawiona jest symulacja detektorów słomkowych, które w przyszłości znajdą zastosowanie w układzie detekcyjnym PANDA STT. Symulacja została wykonana za pomocą program Garfield, Magholtz i Heed. W rozdziale znajduje się opis geometrii detektorów, ilościowy opis procesów powstawania elektronów i jonów, wpływ pola magnetycznego na prędkość dryfu elektronów oraz opis efektów Townsend i Penning, które w znaczący sposób wpływają na powielanie powstających elektronów i narastanie elektronowej lawiny. Rozdział czwarty zawiera symulacje identyfikacji cząstek z wykorzystaniem detektorów słomkowych. Znajduje się tam dyskusja dotycząca transportu sygnału elektrycznego powstającego w tego typu detektorach. W tym rozdziale autorka także szczegółowo przedstawia metodę Time Over Threshold jako wybraną do identyfikacji cząstek. Bardzo istotnym elementem znajdującym się tym rozdziale jest omówienie wyników eksperymentów z wykorzystaniem prototypowych detektorów słomkowych. Kolejny rozdział (piąty) otwiera nowy element przedstawionej do recenzji pracy, a mianowicie, analizę reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+A$ zmierzonej za pomocą detektora COSY-TOF.

Rozdział piąty zawiera przedstawienie laboratorium COSY oraz szczegółowy opis eksperymentu COSY-TOF rozpoczynając od jego budowy aż po program fizyczny. W rozdziale szóstym autorka przedstawia metody kalibracji detektora COSY-TOF STT. Znajdziemy tutaj czasową i geometryczną kalibrację detektora. Następnie w rozdziale siódmym przedstawiona jest już konkretna analiza ekskluzywnego kanału reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+\Lambda$. W pierwszych podrozdziałach rozdziału siódmego autorka opisuje analizę rozpraszania elastycznego pp , analiza ta jest niezbędna do określania geometrii trzasy czyli jej położenia oraz grubości, a także geometrycznych własności wiązki - kierunku. W rozdziale tym określana jest także polaryzacja wiązki w oparciu elastyczne rozpraszanie pp . Kolejne podrozdziały dotyczą już wyłącznie reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+\Lambda$. W podrozdziałach tych znajduje się opis rekonstrukcji kanału $pK^+\Lambda$, w szczególności położony jest duży nacisk na rekonstrukcję cząstki Λ , która jako neutralna nie jest bezpośrednio mierzalna detektorem i jest rekonstruowana z wykorzystaniem jej kanału rozpadu (reakcji $\Lambda \rightarrow p\pi^-$). Znajdziemy tu także wykresy Dalitz'a dla omawianej reakcji. Na podstawie których przeprowadzana jest szczegółowa analiza sprzężenia kanałów $N\Xi - p\Lambda$. Ostatnia część rozdziału siódmego zajmuje analiza zdolności analizujących w funkcji kątów rozproszeń protonów, kaonów i cząstek lambda.

Mam następujące uwagi/zapytania do sposobu przeprowadzonych przez doktorantkę analiz bądź interpretacji uzyskanych wyników:

- W tabeli 2.1 (strona 25), w mojej ocenie, znajdują się średnie wartości liczby elektronów (dotyczy liczb n_p i n_t) co winno być w opisie do tej tabeli zaznaczone. Tylko wtedy obliczenia średnich ilości powstających elektronów w przypadku mieszaniny $Ar+CO_2$ mają sens.
- W jaki sposób z rysunku 2.2 wynika wartość 11.5 eV (podawana w tekście na stronie 27) dla argonu? Przytoczenie w tekście dla metanu wartości 0.03 eV jest w mojej opinii bezpośrednio uzasadnione na tymże rysunku, natomiast 11.5 eV dla argonu nie.
- Na rysunku 4.8 (na stronie 59) zamieszczone jest porównanie wyników symulacji i eksperymentu dla detektorów słomkowych z wykorzystaniem źródła ^{55}Fe . W tekście autorka wnioskuje, że wyniki zamieszczone właśnie na tym rysunku są ze sobą w zgodne. Brak jest tutaj jednak bardziej ilościowej analizy –

podanie choćby parametrów rozkładu pozwoliłoby na ilościowe potwierdzenie tej tezy.

- Na stronie 109 autorka twierdzi, że poziom tła dla kanału $pK^+ \Lambda$ mogący pochodzić od innych kanałów (w szczególności $pK^+ \Xi$) jest mniejszy od 5% i może przez to być zaniedbany. W mojej opinii powoduje to już na wstępie obarczenie wyników analizy błędem systematycznym na poziomie 5% i wymagałoby szerszego komentarza ze strony autorki.
- Mam także uwagę ogólną dotyczącą rekonstrukcji cząstki Λ . Nie znalazłem sprawdzenia prawidłowości identyfikacji cząstki lambda. Bardzo pomocne byłoby określenie czasu życia tej cząstki np. na podstawie różnicy między pierwotnym, a wtórnym (decay vertex) wierzchołkiem i porównanie tej wartości z danymi z PDG.
- W pracy przedstawione są różnego typu rozkłady poprawione na wydajność rekonstrukcji i akceptancje detektora, nie znalazłem jednak, żadnego z nich przedstawionego przed zastosowaniem tych poprawek.

Rozprawa doktorska Pani mgr Sedigheh Jowzaee jest napisana w języku angielskim, w sposób prosty i zrozumiały, a jej czytanie sprawiło mi dużą przyjemność. Nie mam uwag do strony językowej pracy, ale jednocześnie nie czuję się w pełni kompetentny do oceny pracy pod tym względem. Poniżej przedstawiam listę zauważonych błędów edytorskich:

- We wstępie do pracy (abstract) autorka stosuje skrót CMS, którego wcześniej nie definiuje, w mojej ocenie przeczy to przyjętej w pracy konwencji gdzie przed skrótem pojawia się jego pełne brzmienie, w tym przypadku winno być: Center of Mass System (CMS).
- Zamieszczone na rysunku 1.11 (strona 18) wymiary są bardzo mało czytelne.
- Rysunki 3.2, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9, 4.2 są bardzo mało czytelne, w szczególności wartości na osiach i ich opisy, według mojej opinii, wymagają dopracowania.

Podsumowując przedstawiona do recenzji praca wyraźnie składa się z dwóch części z których każda jest poświęcona innemu układowi detekcyjnemu: PANDA i COSY-TOF.

Elementem łączącym te części są detektory słomkowe, które w pierwszym układzie detekcyjnym dopiero znajdą zastosowanie, a w drugim są już wykorzystywane. Szkoda, że w drugiej części pracy nie zostały zaprezentowane metody identyfikacji cząstek za pomocą detektorów słomkowych, które są omawiane i symulowane w części pierwszej. Ze względu na przyszłe zastosowanie detektorów słomkowych w eksperymencie PANDA analiza przedstawiona w pierwszej części pracy jest bardzo ważnym elementem procesu projektowania i budowy nowych układów detekcyjnych. Bez wcześniejszych symulacji jak i testów prototypowych rozwiązań bardzo trudnym zadaniem jest zbudowanie odpowiedniego układu detekcyjnego.

Druga część pracy przedstawia proces kalibracji detektorów słomkowych i zawiera analizę reakcji $\vec{p}p \rightarrow pK^+A$. W szczególności określenie udziału, wpływu innych rezonansów na omawiana reakcje ma duże znaczenie fizyczne.

Autorka wykazała, że w bardzo dobrym stopniu opanowała technikę pomiarową i zaawansowane metody analizy danych. Zamieszczone w pracy symulacje i analiza danych eksperymentalnych świadczą o dobrej orientacji autorki we wszystkich aspektach związanych z przeprowadzeniem eksperymentu fizycznego w dziedzinie fizyki reakcji jądrowych, od planowania układu pomiarowego po opracowywanie zabranych danych eksperymentalnych i ich późniejszą interpretację.

Po takim podsumowaniu wniosek może być tylko jeden: na podstawie przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej Pani mgr Sedigheh Jowzaee pt. „Self-Supporting Straw Tube Detectors for the COSY-TOF and PANDA Experiments” stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Seweryn Kowalski
Dr hab. Seweryn Kowalski