



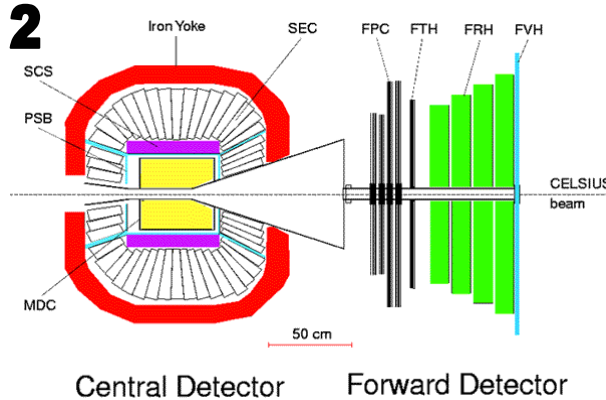
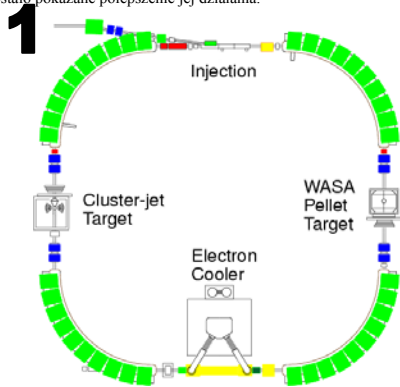
Rekonstrukcja torów w cylindrycznej komorze dryfowej w układzie detekcyjnym WASA

Praca magisterska pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Stepianak¹

Wstęp i cel pracy

Praca była prowadzona w ramach eksperymentu CELSIUS/WASA. Celem jej było zwiększenie wydajności rekonstrukcji torów w detektorze centralnym. Zrobione zostało to poprzez wprowadzenie kilku poprawek do jednej z części programu analizującego dane eksperymentalne. Detektor WASA zbudowany na pierścieniu akumulacyjnym CELSIUS służy do badania procesów produkcji rzadkich mezonów w zderzeniach proton-proton i proton-deuter. Centralna część detektora ma na celu rejestrację i pomiar własności mezonów powstałych w reakcji, a część przednia służy do obserwacji i badania parametrów fizycznych rozproszonych cząstek ze zderzenia. Część centralna składa się między innymi z komory dryfowej i układu scyntylatorów plastikowych. Komora dryfowa zbudowana jest z 1738 słomek ułożonych w 17 warstwach i pozwala nam mierzyć pędy naładowanych cząstek (to dzięki polu magnetycznemu wytwarzanemu przez otaczającą ją cewkę nadprzewodzącą) i znalezienie miejsca, w którym nastąpiło zderzenie. Drugim ważnym elementem detektora centralnego jest zespół 146 detektorów scyntylacyjnych o szybkim czasie odpowiedzi ułożonych na kształt beczki otaczającej komorę dryfową. Zapewnia on szybki sygnał do wyzwalania akwizycji danych, a także (wraz z komorą dryfową) jest jednym ze składników systemu identyfikacji cząstek na podstawie techniki $\Delta E/p$ (metoda ta, w zależności od energii zestawionej w detektorze scyntylacyjnym względem pędu cząstki uzyskanego z komory dryfowej, daje nam odpowiedź o typie cząstki przechodzącej przez detektor). Detektor przedni służy do pomiaru kątów oraz energii rozproszonych oraz trafionych wiązką cząstek po ich oddziaływaniu.

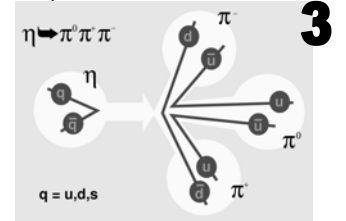
Z uwagi na kinematykę eksperymentu, podczas którego zderzano proton z deuterem, powstałe w wyniku tej reakcji jądro ^3He leciało w rurze wiązki i nie trafiało w detektory przednie służące dotychczas do wyznaczania czasu t_0 , oznaczającego moment czasowy zderzenia dwóch cząstek, trzeba było więc poszukać innego sposobu na jego wyznaczenie. Jest to ważne, z uwagi na to, że czas ten pozwala nam wyliczyć dokładne parametry naładowanej cząstki w detektorze centralnym. Dotychczas było to robione w następujący sposób, że dla każdej rurki komory dryfowej poszukiwany był najbliższy (po kącie ϕ wokół wiązki w płaszczyźnie XY) detektor scyntylacyjny z zarejestrowaną zdeponowaną energią. Czas odpowiedzi z tego detektora przypisywany był tej rurce (czas ten zamienia się później na odległość, w której cząstka przeszła do anody). Celem mojej pracy magisterskiej było poprawienie rekonstrukcji torów poprzez zwiększenie dokładności uzyskiwania czasu t_0 . Zrobione zostało to poprzez uwzględnienie podczas jego liczenia czasu propagacji światła w detektorze scyntylacyjnym, biorąc pod uwagę miejsce trafienia cząstki w jeden z elementów detektora scyntylacyjnego. Drugą poprawką było uwzględnienie faktu, że podczas kalibracji detektorów plastikowych na elastycznych protonach nie wzięto pod uwagę tego, że przy rozpatrywaniu prawdziwych przypadków nie mamy w nich protonów, lecz mezonu π o innej prędkości. Tym samym zasady przelotu przez komorę są zupełnie inne. Wyżej wymienione poprawki w sposób sprawdzony na konkretnym przykładzie reakcji $p d \rightarrow ^3\text{He} n \rightarrow ^3\text{He} \pi^+ \pi^0 \rightarrow ^3\text{He} \pi^+ \pi^- \pi^0$. Na podstawie parametrów fizycznych rekonstrukcji zostało pokazane polepszenie jej działania.



Rys. 1. Widok z góry na pierścieniu akceleratora CELSIUS. Po prawej stronie usytuowany jest układ detekcyjny WASA.

Rys. 2. Przekrój przez układ detekcyjny WASA. Po prawej stronie widoczne są poszczególne warstwy detektora przedniego. Po lewej stronie widoczny jest detektor centralny zbudowany wokół punktu zderzenia wiązki z tarczą otoczony żelaznym jarmem. Złożony jest między innymi z komory dryfowej (MDC) oraz detektorów scyntylacyjnych (PSB).

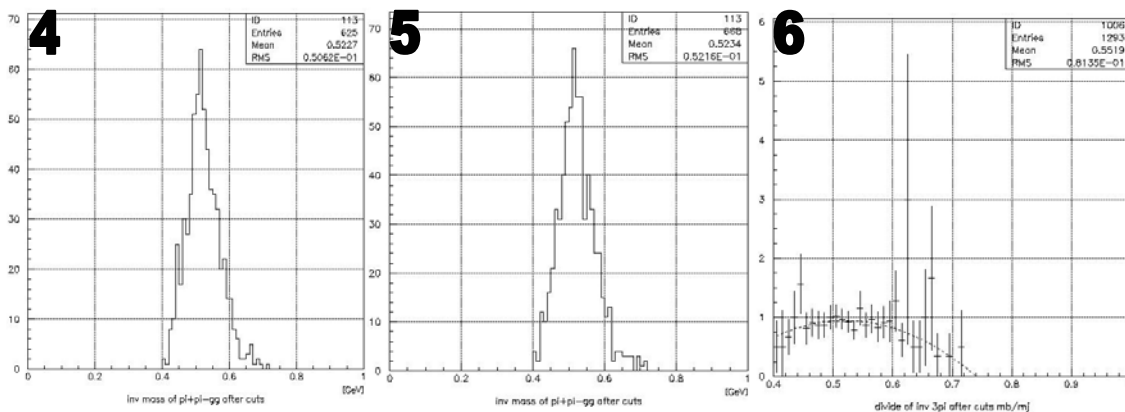
Rys. 3. Przykładowy kanał rozpadu mezonu η na trzy mezony π .



Wyniki

Do analizy została wybrana reakcja $p d \rightarrow ^3\text{He} n$ z rozpadem mezonu η na trzy mezony π , gdyż dobrze pokazuje ona zmiany parametrów kinematycznych cząstek po wprowadzonych przez mnie poprawkach do programu analizującego dane. Drugim ważnym powodem wyboru tej reakcji były jej szczególne własności kinematyczne pozwalające łatwo ją odróżnić od innych reakcji rozpadu mezonu η . Dokładne pomiary pędów cząstek w rozpadzie mezonu η na trzy mezony π pomagają wyznaczyć różnicę pomiędzy masami kwarków u i d . Poza tym niektóre szczególne rozpady tego mezonu dają możliwość przeprowadzenia testów na łamanie symetrii C, CP i CPT.

Wstępna selekcja polega na wybraniu ze wszystkich analizowanych przypadków tych, które mają odpowiednią ilość cząstek w detektorze centralnym (dwie przeciwnie naładowane cząstki w komorze centralnej oraz dwie neutralne – poszukiwane produkty rozpadu mezonu η - mezony π^+ i π^- oraz produkty rozpadu mezonu π^0 – dwa fotonów), oraz takich, które nie posiadają trafień w detektorze przednim (gdzie jądro helu powinno lecieć wzdłuż rury wiązki i nie przelatywać przez żaden z elementów detektora przedniego). Rysunki 4 i 5 pokazują histogramy masy niezmienniczej mezonu η , która w fizyce jest połączeniem energii cząstki oraz jej pędu, dającym w wyniku masę spoczynkową cząstki – pędy i energie uzyskujemy z cząstek będących produktami rozpadu poszukiwanej cząstki. Zastosowane zostały cięcia na masę brakującą do ^3He , która jest to masa efektywna wszystkich cząstek brakujących w częściowo zmierzonym oddziaływaniu i powinna ona być w pobliżu masy jądra helu. Drugim kryterium wyboru dobrych przypadków było cięcie na masę niezmienniczą dwóch fotonów, która powinna być bliska masie mezonu π^0 . Jak widać z rysunku 5 w wyniku mojej analizy rozkład z wierzchołkiem zlokalizowanym w pobliżu masy mezonu η (547,5 MeV/c²) zwięzł się i przesunął w stronę prawdziwej masy tej cząstki. Także na histogramie (rysunek 6), będącym podziałem dwóch wykresów (wykres będący wynikiem analizy torów moją procedurą podzielony przez wykres będący rezultatem analizy torów wcześniejszą subrutyną) widać, że linia będąca dopasowaną krzywą drugiego stopnia jest wygięta w górę, co świadczy o mniejszej szerokości wykresu uzyskanego programem napisanym przeze mnie. Zwiększyła się też ilość wejść w histogramach, będących rezultatem działania mojej procedury związana jest z odrzuceniem złych przypadków, zwykle wynik oddziaływania wiązki z gazem reszkowym wypełniającym rurę za punktem interakcji cząstek. W przypadku ogólnej analizy po cięciach zostały 625 z 2025 przypadków – 31%. W mojej analizie wybrano 668 z 1826 przypadków – 37% spełniające takie same kryteria wyboru zdarzeń.



Rys. 4. Masa niezmiennicza dwóch mezonów π i dwóch fotonów po zastosowaniu cięć na dobrą masę niezmienniczą dwóch fotonów i dobrą masę brakującą do dwóch mezonów π i dwóch fotonów. Wykres stworzony pierwotną procedurą poszukiwania czasu t_0 .

Rys. 5. Masa niezmiennicza dwóch mezonów π i dwóch fotonów po zastosowaniu cięć na dobrą masę niezmienniczą dwóch fotonów i dobrą masę brakującą do dwóch mezonów π i dwóch fotonów. Wykres stworzony moją procedurą poszukiwania czasu t_0 .

Rys. 6. Wynik podziału powyższych dwóch wykresów.

Praca magisterska i rezultaty przedstawione w niej są wstępem do dalszego usprawniania procedur rekonstrukcji torów. W czasie wykonywania pracy zapoznałem się z systemem pomiarowym WASA oraz z bardzo rozbudowaną paczką programów analizujących dane doświadczalne. Miałem także okazję uczestniczyć w zbieraniu danych doświadczalnych w czasie prowadzenia eksperymentu. Wprowadziłem nowe partie kodu, przetestowałem ich działanie na podstawie prawdziwej reakcji fizycznej. Sprawdziłem też jak wprowadzenie tych poprawek poprawiło dokładność uzyskiwania danych. Mając na względzie przenosiny w grudniu 2005 r. układ detekcyjny WASA z Uppsali do Julich'u w Niemczech (będzie tam współpracował z akceleratorem COSY), mam nadzieję zastosowania programów napisanych przeze mnie do analizy danych zbieranych przez współpracę międzynarodową. W układzie budowanym w Julich'u spodziewane są większe energie wiązki przy mniejszej jej szerokości i lepszej świetności, czyli będzie możliwe badanie produkcji i rozpadów mezonów η i η' przy znacznie większych statystykach. Fragmenty kodu napisane przeze mnie będą mogły być zastosowane w używanym przez współpracę międzynarodową WASA@COSY programie do analizy danych.

¹Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana