

Badanie rozpadu beta ^8He z emisją cząstek naładowanych

mgr Sławomir Mianowski

Streszczenie

Prezentowana rozprawa doktorska przedstawia wyniki badań rozpadu β jąder ^8He , najcięższego związanego izotopu helu, charakteryzującego się największą spośród wszystkich znanych nuklidów wartością stosunku $N/Z = 3$.

Eksperyment stanowiący podstawę niniejszej rozprawy został przeprowadzony w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej w Rosji. Jądra ^8He były produkowane w reakcji fragmentacji pocisków $^{18}\text{O}^{5+}$ o energii 35 MeV/u na tarczy węglowej. Do wydzielenia i identyfikacji jąder ^8He wykorzystano separator ACCULINNA. Jony ^8He były zatrzymywane w detektorze OTPC (ang. *Optical Time Projection Chamber*), gdzie rejestrowano ich rozpady. Detektor OTPC jest detektorem gazowym pracującym w trybie komory dryftowej z projekcją czasu. Rejestracji cząstek naładowanych dokonuje się w nim poprzez detekcję światła emitowanego ze struktur wzmacniających pierwotny ładunek jonizacyjny. Każde zarejestrowane zdarzenie zawiera obraz z kamery CCD przedstawiający rzut toru cząstki na płaszczyznę anody oraz czasowy rozkład sygnału z fotopowielacza, zawierający informację o składowej prostopadłej do płaszczyzny anody. Dane zebrane przez obydwa fotodetektory umożliwiają pełną rekonstrukcję torów cząstek w przestrzeni, co pozwala określić ich energię i kierunek emisji. W rozprawie opisano procedurę rekonstrukcji zdarzeń, opartą o porównanie sygnałów zarejestrowanych w OTPC z rozkładami generowanymi przy użyciu programu opisującego straty energii cząstek naładowanych w gazie. W analizie uwzględniono poprawki uwzględniające efekt dyfuzji i rekombinacji pierwotnego ładunku jonizacyjnego wzdłuż drogi dryfu.

Przy pomocy detektora OTPC zaobserwowano i przeanalizowano dwa kanały rozpadu ^8He prowadzące do emisji cząstek naładowanych: (i) $^8\text{He} \rightarrow ^8\text{Li} \rightarrow ^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$ (ii) $^8\text{He} \rightarrow ^8\text{Li}^* \rightarrow \alpha + t + n$ i określono współczynniki rozgałęzień tych przemian. Analizując rozpad $^8\text{He} \rightarrow ^8\text{Li} \rightarrow ^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$ zrekonstruowano widmo energii emitowanych cząstek alfa i stwierdzono bardzo dobrą zgodność wyznaczonego rozkładu z widmem energii zmierzonym w innych eksperymentach. W ten sposób potwierdzono poprawność prze-

prorowadzonych kalibracji oraz skuteczność zastosowanego algorytmu rekonstrukcji zdarzeń obserwowanych w detektorze OTPC.

Najważniejszym elementem prezentowanej rozprawy była analiza rozpadu β ^8He z opóźnioną emisją jąder trytu. Zrekonstruowano 430 takich rozpadów. W każdym przypadku określono energię emitowanego jądra trytu, cząstki alfa i neutronu, a także kąt rozlotu cząstki alfa i trytu. Wyznaczono widma energii emitowanych cząstek, rozkład kąta rozlotu $\alpha - t$ oraz widmo energii wzbudzenia jąder ^8Li rozpadających się na $\alpha + t + n$. Wszystkie rozkłady, z wyjątkiem widma energii jąder trytu zostały wyznaczone po raz pierwszy.

Pełna rekonstrukcja kinematyki rozpadów $^8\text{Li}^* \rightarrow \alpha + t + n$ umożliwiła wyznaczenie rozkładu masy niezmienniczej tych cząstek i pozwoliła na określenie mechanizmu rozpadu wysokowzbudzonego stanu 1^+ ^8Li . Stwierdzono, że w 2/3 przypadków stan ten rozpada się sekwencyjnie, z utworzeniem pośredniego rezonansu ^5He . W pozostałych przypadkach zachodzi bezpośredni, demokratyczny rozpad do trójciałowego continuum $\alpha + t + n$.

W prezentowanej rozprawie zaproponowano model teoretyczny uwzględniający sekwencyjny mechanizm rozpadu ^8He , w którym wykorzystano elementy teorii macierzy R. Stworzony model umożliwił obliczenie widm energii emitowanych cząstek oraz ich korelacji kątowych. Parametrami modelu były wielkości charakteryzujące stan rezonansowy ^8Li – energia wzbudzenia, szerokość i wartość nasilenia przejścia Gamowa – Tellera (B_{GT}). Dopasowanie przewidywań modelu do danych eksperymentalnych uzyskanych w niniejszej rozprawie pozwoliło na określenie położenia wysokowzbudzonego stanu 1^+ w przedziale 8.53 – 8.56 MeV, jego szerokości w zakresie 1.25 – 1.47 MeV oraz wartości B_{GT} w przedziale 3.0 – 4.6. Wysoka wartość B_{GT} identyfikuje badany stan 1^+ jako Gigantyczny Rezonans Gamowa – Tellera (GTGR). Położenie tego stanu względem Izobarycznego Stanu Analogowego ^8He znacznie (o ok. 5 MeV) odbiega od wartości przewidywanej przez ekstrapolację tej wielkości z obszaru ciężkich jąder. Energia stanu GTGR dla ^8He jest znacznie lepiej opisywana przez schematyczny model rozpadu β z separowalnym oddziaływaniem Gamowa – Tellera.

We wnioskach końcowych rozprawy wskazano na konieczność przeprowadzenia nowych pomiarów rozpadu ^8He z emisją opóźnionych neutronów oraz potrzebę opracowania modelu teoretycznego, który uwzględni różne mechanizmy rozpadu tego jądra i oddziaływanie cząstek w stanie końcowym.