

Exotic decay modes of medium-mass proton drip-line nuclei

Aleksandra Anna Ciemny

Streszczenie

Wysokie energie dostępne w rozpadzie β^+ /EC jąder leżących daleko na lewo od ścieżki stabilności prowadzą do populowania wysoko wzbudzonych stanów w jądrach-córkach. W połączeniu ze zmniejszającymi się energiami separacji naładowanych cząstek w jądrach-córkach, umożliwia to występowanie rozmaitych kanałów rozpadu z emisją (wielu) cząstek opóźnionych po rozpadzie β . Badanie tych kanałów jest niezbędne do zrozumienia struktury jądrowej stanów niezwiązanych ze względu na emisję (wielu) cząstek, jako że im dalej od ścieżki stabilności, tym mocniej kanały te wygrywają z deekscytacją przez emisję promieniowania γ . Co więcej, badania dotyczące rozpadów tych jąder dostarczają danych potrzebnych do modelowania astrofizycznego procesu rp, a tym samym występowania pierwiastków we Wszechświecie.

Pomiary będące podstawą niniejszej pracy przeprowadzono podczas dwóch eksperymentów. Ich celem było zbadanie egzotycznych zjawisk w leżących w pobliżu linii odpadania protonu średnio masywnych jądrach. Neutrono-deficytowe izotopy krzemu zostały wyprodukowane i zbadane w Cyclotron Institute, Texas A&M University, podczas gdy neutrono-deficytowe izotopy germanu i cynku zostały wyprodukowane i zbadane w National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University. W każdym z tych eksperymentów jony będące przedmiotem badań były wytwarzane w reakcji fragmentacji cięższego pocisku i elektromagnetycznie oddzielane od innych produktów reakcji i od wiązki pierwotnej. Następnie implantowano je i badano ich rozpady za pomocą komory dryfowej z projekcją czasu i odczytem optycznym (*optical time projection chamber*, OTPC). W ramach niniejszej pracy przeprowadzono pełną analizę zebranych danych, począwszy od symulacji Monte Carlo, po rekonstrukcję pędów produktów rozpadu i interpretację wyników w kontekście dostępnych danych eksperymentalnych oraz wyników teoretycznych.

Wśród wyników pierwszego eksperymentu znajduje się potwierdzenie obserwowanej wcześniej emisji jednego i dwóch protonów opóźnionych po rozpadzie β (βp i $\beta 2p$) z ^{22}Si i ^{23}Si . Ponadto w ^{23}Si zaobserwowano dwa nowe kanały rozpadu: emisję $3p$ i $p\alpha$ opóźnionych po rozpadzie β . Stosunki rozgałęzień dla dwóch ostatnich omówiono w kontekście właściwości innych znanych emiterów o rzucie izospinu T_z od $-3/2$ do $-7/2$. W drugim eksperymencie po raz pierwszy zaobserwowano nowy izotop ^{59}Ge . Obliczone dla niego, oraz dla mniej egzotycznych izotopów germanu ($^{60-62}\text{Ge}$), przekroje czynne na produkcję zostały omówione w kontekście wcześniej zmierzonych wartości. Ograniczona zdolność predykcyjna modeli w zakresie przewidywania produkcji jąder tak dalekich od stabilności sprawia, że pomiary przekrojów czynnych mają kluczowe znaczenie dla planowania przyszłych eksperymentów. Rozpad β ^{60}Ge został zmierzony po raz pierwszy i stwierdzono, że zachodzi poprzez emisję βp z prawdopodobieństwem $\approx 100\%$. Ten sam kanał rozpadu został zaobserwowany po raz pierwszy również w ^{58}Zn , a widmo energetyczne wykrytych protonów pozwoliło zbadać rozkład B(GT) powyżej energii separacji protonu w jądrze-córce, ^{58}Cu . Pomimo małego współczynnika rozgałęzienia siła przejść Gamowa-Tellera dla głównej zaobserwowanej grupy protonów była porównywalna pod względem intensywności do wartości znanych dla stanów protonowo-związanych, co podkreśla znaczenie uwzględnienia kanałów z emisją cząstek podczas badania rozkładu B(GT). Otrzymany rozkład porównano z wynikami obliczeń QRPA. Zbadano wpływ uzyskanego stosunku rozgałęzień na proces rp, a w szczególności na występowanie jąder z $A = 57$, jednak stwierdzono, że nie przekracza on kilku procent.