

Badanie przemiany beta bardzo neutronowo-nadmiarowych izotopów indu

Eksperymentalne badanie przemiany β izotopów indu ^{133}In , ^{134}In oraz ^{135}In umożliwiło uzyskanie nowych informacji o strukturze jądrowej neutronowo-nadmiarowych nuklidów z rejonu ^{132}Sn . Własności tych egzotycznych nuklidów mają istotne znaczenie w modelowaniu astrofizycznego procesu syntezy pierwiastków na drodze szybkiego wychwytu neutronów (tzw. proces r), gdyż zamknięty charakter powłoki $N = 82$ uwidocznia się w rozkładzie rozpowszechnienia izotopów wynikającym z przebiegu tego procesu. Rozpad większości jąder atomowych biorących udział w procesie r zachodzi na drodze przemiany β z następującą po niej emisją neutronu (rozpad βn). Do weryfikacji i poprawy przewidywań modeli opisujących rozpad βn potrzebne są nowe informacje eksperymentalne o emiterach takich neutronów. Niedawno zaobserwowano nietypową konkurencję między dwiema drogami rozpadu stanów niezwiązanych w neutronowo-nadmiarowych jądrach atomowych położonych na mapie nuklidów poniżej ^{132}Sn . Za występowanie konkurencji między emisją neutronu oraz deekscytacją przez promieniowanie γ mogą odpowiadać szczegóły struktury jądrowej. Możliwość konkurowania ze sobą tych dwóch kanałów rozpadu przy energiach wzbudzenia przekraczających znacznie energię separacji neutronu wymaga dalszych badań, gdyż to zjawisko może mieć istotny wpływ na przewidywany przebieg astrofizycznego procesu r . Neutronowo-nadmiarowe izotopy indu to właściwe przypadki do badania tej konkurencji, gdyż w ich rozpadach dostępne są duże okna energetyczne (>10 MeV) na populację stanów niezwiązanych. Dodatkowo, te izotopy są w prosty sposób opisywane przez model powłokowy jądra atomowego, co sprzyja rozpoznaniu efektów struktury jądrowej prowadzących do wzmożonej emisji promieniowania γ ze stanów położonych powyżej energii separacji neutronu. Dwa izotopy indu, ^{134}In oraz ^{135}In , to szczególnie reprezentatywne jądra atomowe do eksploracji różnych dróg rozpadu stanów niezwiązanych, gdyż są one jednymi z nielicznych nuklidów będących w zasięgu badań eksperymentalnych, dla których warunki energetyczne dopuszczają emisję nawet trzech neutronów po przemianie β .

Własności promieniowania γ emitowanego w przemianie β ^{133}In , ^{134}In oraz ^{135}In zostały zbadane w laboratorium CERN-ISOLDE. Izotopy indu były produkowane w procesie rozszczepienia jąder uranu indukowanego przez neutrony. Wiązki jonów powstałe w wyniku jonizacji laserowej oraz separacji masowej były wysyłane do stacji rozpadowej ISOLDE. Jonizacja z selekcją stanu jądrowego została zastosowana dla ^{133}In , co umożliwiło niezależne zbadanie przemiany β stanu podstawowego i izomerycznego tego jądra. Przejścia γ towarzyszące przemianie β izotopów indu zidentyfikowano na podstawie korelacji $\beta\gamma$ oraz $\beta\gamma\gamma$. Dzięki tym koincydencjom udało się po raz pierwszy zbudować schematy rozpadu ^{135}In oraz dwóch stanów w ^{133}In – niezależnie dla izomeru oraz stanu podstawowego. Schemat rozpadu ^{134}In został rozbudowany o dwa kanały rozpadu. Zaobserwowano emisję dwóch neutronów po przemianie β ^{134}In oraz ^{135}In . Populacja stanów niezwiązanych emitujących promieniowanie γ została zaobserwowana w ^{134}Sn oraz ^{133}Sn , przy energiach wzbudzeń przekraczających o 1 MeV energię separacji neutronu. Mimo, że przejścia Gamowa-Tellera zasilają głównie poziomy powyżej energii separacji dwóch neutronów w izotopach cyny, rozpad z emisją jednego neutronu jest dominującym kanałem rozpadu ^{134}In oraz ^{135}In . Dominująca emisja jednego neutronu po przemianie β tych jąder jest przewidywana jedynie przez modele teoretyczne, które, poza rozważaniem przejść wzbronionych, uwzględniają także wszystkie możliwe drogi rozpadu stanów niezwiązanych. Eksperymentalne schematy poziomów w ^{133}Sn , ^{134}Sn oraz ^{135}Sn zostały porównane z przewidywaniami modelu powłokowego, w tym z obliczeniami w których uwzględniono wzbudzenia typu cząstka-dziura ponad przerwę energetyczną odpowiadającą powłoce $N = 82$. Uzyskane dane wskazują, że stany niezwiązane odpowiadające konfiguracjom angażującym jednocześnie neutrony walencyjne i wzbudzenia rdzenia neutronowego są istotnymi elementami ścieżki deekscytacji obserwowanej w izotopach cyny po przemianach β izotopów indu.