

Jądro atomowe, składające się z gęsto upakowanych protonów i neutronów, jest systemem oferującym możliwość badania trzech podstawowych oddziaływań: silnych, elektromagnetycznych i słabych. Pomimo zgromadzenia obszernego materiału eksperymentalnego dotyczącego struktury jądra atomowego, nie udało się dotychczas opracować jednej pełnej teorii, która tłumaczyłaby wszystkie fakty doświadczalne. Jest to spowodowane skomplikowaną formą oddziaływania jądrowego w układzie złożonym z wielu silnie oddziałujących ze sobą nukleonów objętych zakazem Pauliego. Powoduje to, że rozwój opisów teoretycznych musi iść w parze z badaniami doświadczalnymi prowadząc do silnego związku pomiędzy teorią i eksperymentem w fizyce jądrowej. Nowe koncepcje teoretyczne wyznaczają ścieżkę, którą powinny podążać eksperymenty, tak aby efektywnie zweryfikować dany model. I vice versa, wyniki doświadczalne mogą inspirować teorię do ulepszania parametrów stosowanych w modelach. Proponowany projekt należy do tej drugiej kategorii: zebranie nowych danych doświadczalnych pozwoli na testy różnych rodzajów podejść teoretycznych.

Celem projektu jest badanie struktur jądrowych w lekkich jądrach. W szczególności, badania będą się skupiały na stanie zlokalizowanym w izotopie  $^{13}\text{C}$  przy energii wzbudzenia 21.47 MeV oraz w izotopie  $^{14}\text{N}$  przy energii 20.1 MeV. Stany te należą do kategorii wzbudzeń jądrowych zwanych rezonansami „stretched” (*ang.* „rozciągnięty”). Są to wzbudzenia jednocząstkowe, w których zarówno wzbudzona cząstka oraz dziura sprzęgają się do maksymalnej możliwej wartości spinu ( $J_{\text{max}}$ ). Dzieje się tak, gdy cząstka i dziura zajmują orbitale o najwyższym momencie pędu dostępnym na swoich powłokach. Czystość konfiguracji takich stanów jest zapewniona, ponieważ inne jednocząstkowe konfiguracje o tych samych liczbach kwantowych są dostępne przy znacznie wyższych energiach. Ta cecha sprawia, że stany tego typu są jednymi z najprostszych znanych wzbudzeń jądrowych, a w związku z tym badanie ich właściwości pozwala na dostarczenie najbardziej bezpośrednich informacji na temat struktury jąder atomowych.

Druga część projektu będzie miała na celu poszukiwanie wąskiego stanu rezonansowego tuż powyżej energii separacji protonu w jądrze  $^{11}\text{B}$ , którego istnienie jest przewidywane przez Shell Model Embedded in the Continuum (*ang.* „Model Powłokowy Osadzony w Continuum”). Jeżeli taki stan przyprogowy występuje w izotopie  $^{11}\text{B}$ , to wyjaśniałoby to przebieg bardzo rzadkiego procesu rozpadu beta z opóźnioną emisją protonu w tzw. „jądrze halo”  $^{11}\text{Be}$ . Rezultaty badań doświadczalnych przeprowadzonych niedawno w laboratoriach CERN (Szwajcaria) i TRIUMF (Kanada) również sugerują obecność takiego stanu w  $^{11}\text{B}$  ale ostatecznie nie znaleziono silnego eksperymentalnego potwierdzenia. W ramach tego projektu zostaną przeprowadzone niezależne poszukiwania stanu w pobliżu progu na emisję protonu w  $^{11}\text{B}$  przy pomocy pomiaru promieniowania gamma bezpośredniego z tego stanu.

Główna część projektu będzie miała charakter doświadczalny, a eksperymenty zostaną przeprowadzone w krakowskim Centrum Cyklotronowym Bronowice. Dostęp do badanych izotopów,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}$  oraz  $^{14}\text{N}$ , będzie możliwy dzięki zastosowaniu reakcji elastycznego rozpraszania protonów. Do badań zostanie wykorzystana metoda koincydencyjnych pomiarów kwantów  $\gamma$  i lekkich cząstek naładowanych, co umożliwi precyzyjną identyfikację kanału reakcji i rozpadu. W ten sposób uzyskane widma będą „czystsze”, a to pozwoli na zwiększenie dokładności wyników.

Planowane procedury eksperymentalne wymagają opracowania metod charakteryzujących się wysoką selektywnością. Dlatego istotna część danych, tj. informacje na temat rozpadów produktów reakcji poprzez emisję cząstek naładowanych, będzie rejestrowana przy pomocy systemu detektorów krzemowych skonstruowanego w ramach obecnego projektu. System ten zostanie zastosowany w połączeniu z obecnie istniejącym w CCB układem detekcyjnym. Udoskonalony w ten sposób system pomiarowy, którego możliwości pomiarowe poszerzą się o detekcję lekkich cząstek naładowanych, będzie dostarczał pełniejszego obrazu obserwowanej reakcji.

W końcowym etapie projektu zdobyte dane doświadczalne zostaną wykorzystane do testowania przewidywań najnowszych obliczeń teoretycznych opisujących właściwości jąder atomowych, w szczególności z przewidywaniami modelu powłokowego (Gamow Shell Model).