

Obszar jąder położonych w pobliżu najcięższego jądra podwójnie-magicznego ^{208}Pb , w którym 82 protony i 126 neutrony krążą po indywidualnych orbitach i tworząc dwie doskonale zamknięte powłoki, charakteryzujące się bardzo dużą przerwą energetyczną od nieobsadzonych w stanie podstawowym orbit, cieszy się dużym zainteresowaniem fizyków jądrowych. Od wielu lat, obszar ten jest przedmiotem intensywnych badań eksperymentalnych i teoretycznych, które mają na celu zrozumienie i doskonalenie opisu struktury stanów wzbudzonych w ramach modelu powłokowego jąder. W zakresie energii i spinów obejmujących proste wzbudzenia, w których pojedyncza cząstka lub dziura, powstała przez usunięcie nukleonu z zamkniętej powłoki, zmienia orbitę, wyniki tych badań są prawie kompletne. To jedno z najlepiej przebadanych jąder. Wykonano w tym celu ogromną ilość eksperymentów, które do takich stanów prowadzą, ale charakteryzujących się w większości małym przekazem momentu pędu. Możliwe do wykorzystywania mechanizmy wzbudzeń są ograniczone przez dostępność tarcz i wiązek dla tego obszaru. Natomiast, stany o wysokim spinie cieszą się dużym zainteresowaniem, gdyż duża część ułożonej w jądrze energii związana jest z rotacją, co przy wyższych wartościach spinu stwarza dla jądra warunki ekstremalne.

Dopiero od niedawna techniki eksperymentalne pozwoliły pokonać trudności i dotrzeć do stanów o wyższych spinach i energiach, związanych ze znacznie bardziej złożonymi wzbudzeniami, w których bierze udział większa liczba cząstek i dziur.

Grupa krakowskich fizyków, kierowana przez prof. Rafała Brodę, rozwinęła technikę eksperymentalną, która pozwoliła wykonać pionierskie badania w tym zakresie. Technika ta polega na wykorzystaniu głęboko nieelastycznego rozpraszania ciężkich jonów na tarczy, gdzie w trakcie zbliżenia zachodzi przekaz energii i momentu pędu oraz przepływ nukleonów między partnerami zderzenia. W wyniku takiego zdarzenia obaj partnerzy reakcji znajdują się we wzbudzonym stanie o wysokim spinie i emitują charakterystyczne promieniowanie gamma, którego rejestracja pozwala badać strukturę stanów wzbudzonych obu jąder. Jest to z jednej strony zaleta, ale i wada takiej sytuacji. Aby prowadzić badania spektroskopowe w takich zderzeniach, gdzie równocześnie powstaje duży wachlarz jąder niezbędny jest system detekcji o bardzo dużej rozdzielczości i wydajności. Doskonałym narzędziem do takich badań jest spektrometr GAMMASPHER znajdujący się w Narodowym Laboratorium w Argonne (USA) koło Chicago. Spektrometr składa się ze 100 indywidualnych wysoko wydajnych detektorów Ge w osłonach antykomptonowskich rozmieszczonych na sferze wokół tarczy, która bombardowana jest ciężkimi jonami z akceleratora liniowego ATLAS. We współpracy z fizykami amerykańskimi grupa krakowska przeprowadziła swój własny program eksperymentów dla różnych kombinacji tarcza/wiązka i dysponuje ogromną ilością unikalnych danych.

Celem niniejszego projektu jest szczegółowa analiza tych danych pozwalająca uzyskać możliwie pełnych informacji o strukturze i własnościach stanów wysoko-spinowych w jądrach z najbliższego otoczenia ^{208}Pb . W programie znajduje się jądro ^{209}Pb , które ma jeden neutron poza zamkniętą powłoką, lub jak przypadku ^{210}Pb , dwa neutrony. Kolejne jądro, to ^{205}Tl , w którym mamy do czynienia z dwoma dziurami neutronowymi i jedną protonową w stosunku do zamkniętego rdzenia ^{208}Pb .

Wyniki będą obejmować ustalenie pełnych schematów poziomów, identyfikację stanów izomerycznych, a także określenia gałęzi rozpadu oraz określenie spinów i parzystości obserwowanych poziomów. Zebrane informacje eksperymentalne posłużą do weryfikacji przewidywań modelu powłokowego z realistycznymi oddziaływaniami dwuciałowymi w niezbadanym dotąd zakresie energii i spinów. Do takich badań jest niezbędna obszerna baza danych z dużą statystyką zebranych przypadków, zawierająca różne układy tarcza/pocisk, by móc jednoznacznie obserwowane promieniowanie przypisać do danego jądra.

Zbadanie własności stanów wysokospinowych dla jąder z bliskiego otoczenia ^{208}Pb i weryfikacja możliwości, jakimi dysponuje aktualny warsztat teoretyczny w ramach modelu powłokowego, dla opisu tych bardziej złożonych struktur jest bardzo ważnym zagadnieniem fizyki jądrowej, którego zbadanie jest celem niniejszego projektu.

Warto zaznaczyć, że w badaniach przedstawionych w niniejszym projekcie oczekuje się identyfikacji stanów do wartości spinów $I=30$, a całość badań obejmuje wiele interesujących szczegółowych problemów, np. tych związanych z rolą kolektywnych wibracji oktopolowych, które wyraźnie zaznaczają swoją obecność wśród obserwowanych stanów yrastowych.