

Badania własności jądrowe atomowych mogą być prowadzone z wykorzystaniem procesów, podczas których jądra uzyskują energię, zostają wzbudzone. Nadmiar energii jądra wykorzystywany jest na emisję cząstek naładowanych oraz kwantów gamma. Poprzez pomiar emitowanych cząstek, ich rodzaju, kąt emisji oraz energii można wnioskować o własnościach jądrowych takich jak kształt, deformacja czy czas życia. W zależności od zachodzącej reakcji w jądrze mogą ulegać wzbudzeniu tylko pojedyncze lub wiele nukleonów. Wzbudzenie wielu nukleonów jądra nazywane jest wzbudzeniem kolektywnym.

Celem tego projektu jest badanie wzbudzeń kolektywnych jądrowych atomowych w reakcjach wywoływanych protonami. Do tego rodzaju wzbudzeń należą gigantyczne oraz pigmejskie rezonanse. Pierwsze z nich opisywane są za pomocą wibracji neutronów względem protonów, natomiast drugie przedstawiane są poprzez drgania skórki neutronowej względem rdzenia protonowo-neutronowego. Badane eksperymentalnie z wykorzystaniem reakcji nieelastycznego rozpraszania protonów a informacja na temat wzbudzonych rezonansów uzyskana zostanie w wyniku pomiaru energii emitowanych kwantów gamma oraz energii i kąt emisji rozpraszonych protonów.

W rezultacie planuje się uzyskać informację na temat mikroskopowej struktury gigantycznego rezonansu kwadrupolowego GQR. Badanie ich rozpadu poprzez emisję kwantów gamma umożliwi wyznaczenie energii, szerokości oraz funkcji nasilenia rezonansów. Pomiar rozpadu gigantycznych rezonansów do stanu podstawowego i innych niskich stanów wzbudzonych oraz porównanie rezultatów z modelem teoretycznym umożliwi uzyskanie informacji na temat oddziaływań w jądrach atomowych, które nie są dokładnie poznane.

Pomiary pigmejskich rezonansów dipolowych PDR przyczyni się natomiast do zbadania natury tych wzbudzeń poprzez określenie ich charakteru izospinowego. Rezultatem planowanych eksperymentów po porównaniu wyników z obliczeniami teoretycznymi będzie określenie charakteru izospinowego pigmejskich rezonansów oraz ich nasilenia, co pozwoli na opisanie ich natury.

Innym zagadnieniem dotyczącym struktury jądrowych stanów głębokozwiązanych, które są obecnie przedmiotem wielu badań, ponieważ ich istnienie związane jest ze zjawiskiem klasteryzacji mającym szczególne znaczenie zwłaszcza w badaniach astrofizyki. Planowany eksperyment dotyczył będzie pomiaru kwantów gamma emitowanych w wyniku rozpadu stanu jednocząstkowego w jądrze ^{11}B , który zostanie wzbudzony w reakcji rozpraszania protonów ($p, 2p$) na tarczy ^{12}C . Dodatkowa rejestracja wysokoenergetycznych a także statystycznych kwantów gamma emitowanych w reakcji umożliwi porównanie wyników pomiaru z przewidywaniami modelu statystycznego. W rezultacie uzyskana zostanie informacja na temat charakteru stanu 1s-proton-dziura w ^{11}B .

Projekt dotyczy badań fizyki jądrowej, które będą prowadzone w Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB) w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN z wykorzystaniem nowego cyklotronu protonowego służącego głównie do terapii hadronowej. Głównymi pomiarami zaplanowanymi do realizacji w pierwszej kolejności, zaakceptowanymi przez Międzynarodowy Komitet Doradczy (IAC) stanowi tematyka tego projektu. Wszystkie badania opierają się na pomiarach rozpraszonych protonów oraz kwantów gamma przy użyciu odpowiednich układów detektorów KRATTA oraz HECTOR zainstalowanych już w hali eksperymentalnej w CCB. Układ HECTOR charakteryzujący się wysoką wydajnością, składa się z 8 dużych detektorów BaF_2 przeznaczonych do pomiaru wysokoenergetycznych kwantów gamma. Aby zwiększyć wydajność pomiaru planuje się wykorzystać również klaster układu PARIS składający się z 9 nowoczesnych detektorów typu fosforowców $\text{LaBr}_3\text{-NaI}$. Zastosowanie tych detektorów, zbudowanych z dwóch scyntylatorów LaBr_3 oraz NaI umieszczonych jeden za drugim, pozwoli jednocześnie uzyskać widma kwantów gamma o większej rozdzielczości energetycznej. Układ detektorów teleskopowych KRATTA umożliwi pomiar rozpraszonych protonów, zarówno ich energii jak i kąt emisji.

Pomiary wykonywane będą w nowym ośrodku z wykorzystaniem znanych układów detekcyjnych, ale dostosowanych do działania w odmiennych niż do tej pory warunkach. Będą to pierwsze eksperymenty, które posłużą jako sprawdzenie metod badawczych i rozpoczną rozwój badań w dziedzinie fizyki jądrowej w CCB.

Wizualizacja protonów stanowi unikalne narzędzie w tego typu badaniach, pozwalające na uzyskanie szczególnych informacji. Pomiary kwantów gamma z rozpadu gigantycznych rezonansów kwadrupolowych oraz stanów pigmejskich pozwolą na badanie ich struktury mikroskopowej. Tematyka ta jest bardzo aktualna w związku z rolą PDR w syntezie pierwiastków na wczesnych etapach ewolucji Wszechświata. Badanie rozpadu stanów głębokozwiązanych umożliwi uzyskanie informacji na temat jądrowej funkcji falowej i posłuży do lepszego zrozumienia zjawiska klasteryzacji. Jest to bardzo ważny aspekt, służący na przykład do zrozumienia stanu Hoyle, odpowiedzialnego za istnienie we wszechświecie pierwiastków cięższych niż hel.