

Zrozumienie własności jąder atomowych, to jedno z najważniejszych wyzwań fizyki jądrowej. Jądra atomowe są obiektami bardzo skomplikowanymi, złożonymi z protonów i neutronów. Szczególnie interesujące jest poznanie jak zmieniają się ich własności, gdy odejmujemy (lub dodajemy) neutrony od (do) jądra stabilnego, odchodząc w ten sposób coraz bardziej od tzw. ścieżki stabilności. Wykazano już, że w takich egzotycznych układach jądrowych mogą pojawić się nowe własności i nowe zjawiska.

Jednym z głównych zadań i wyzwań na tym polu badań jest opracowanie spójnej teorii jąder atomowych. W celu testowania i ulepszania modeli teoretycznych opisujących jądra egzotyczne konieczne jest zdobywanie informacji doświadczalnych na ich temat. Do informacji takich należą masa, czas połowicznego zaniku, rodzaje przemian jakim ulegają i prawdopodobieństwa ich występowania, energie emitowanych cząstek, itd. Aby doświadczalnie badać takie jądra trzeba najpierw wytworzyć je w odpowiedniej ilości. Wymaga to użycia najnowocześniejszych urządzeń badawczych, które nie tylko pozwalają wyprodukować pożądaną ilość jąder, ale też wyselekcjonować je spośród ogromnej liczby innych produktów powstających w tym samym czasie. Dokonuje się tego przy pomocy dużych akceleratorów i specjalnie zaprojektowanych separatorów magnetycznych. Następnie, przy pomocy zaawansowanych, wydajnych układów detekcyjnych dokonuje się pomiarów własności wybranych jąder.

Do szczególnie interesujących jąder należą tzw. jądra silnie neutrono-deficytowe, czyli takie, które mają znaczny nadmiar protonów i znajdują się blisko tzw. linii odpadania protonu. Jądra te ulegają promieniotwórczej przemianie beta+, podczas której wyzwala się duża energia. Dodatkowo, przemianie beta+ często towarzyszy emisja cząstek naładowanych, takich jak proton lub cząstka alfa, ale emitowanych może być także kilka cząstek, np. dwa lub trzy protony, proton i cząstka alfa, itp. Zjawisko to nosi nazwę beta-opóźnionej emisji cząstek. Pomiar energii takich cząstek opóźnionych oraz prawdopodobieństwa ich emisji przynosi cenne informacje o wysoko wzbudzonych stanach jądra, które powstaje w wyniku przemiany beta. Informacji tych nie da się uzyskać innymi metodami, np. poprzez pomiar promieniowania gamma.

W tym projekcie zamierzamy badać rzadkie przemiany z emisją cząstek opóźnionych dla egzotycznych jąder  $^{31}\text{Ar}$ ,  $^{31}\text{Cl}$ ,  $^{27}\text{P}$ ,  $^{11}\text{Be}$ , oraz dla jąder w pobliżu  $^{54}\text{Zn}$ . Poszukiwać będziemy w szczególności wielokrotnej emisji protonów i emisji protonu wraz z cząstką alfa. Planujemy też badać  $^{108}\text{Xe}$ , w którym oczekuje się tzw. „super-dozwolonego” rozpadu alfa. Ważnym aspektem charakteryzującym większość wymienionych wyżej jąder jest ich znaczenie dla modelowania astrofizycznych procesów nukleosyntezy. Ich własności są istotne dla obliczeń rozpowszechnienia pierwiastków we Wszechświecie.

Większość badań proponowanych w tym projekcie odbędzie się przy użyciu metody opartej na fotografii cyfrowej. Metoda ta wykorzystuje detektor wypełniony gazem umieszczonym w polu elektrycznym. Badane jądro atomowe jest zatrzymywane wewnątrz tego detektora, po czym ulega rozpadowi. Emitowane cząstki naładowane jonizują gaz, a uwolnione elektrony dryfują w polu elektrycznym w kierunku anody. Następnie są one powielane i w trakcie tego procesu emitowane jest światło. Światło to jest rejestrowane przez kamerę CCD i fotopowielacz. Analiza obrazu CCD i sygnału z fotopowielacza pozwala zrekonstruować tor emitowanej cząstki w trzech wymiarach, co z kolei umożliwia pomiar jej energii i ustalenie rodzaju cząstki. Detektor ten został zaprojektowany i skonstruowany na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Cechuje się bardzo dużą wydajnością i czułością, co jest kluczowe dla powodzenia zaplanowanych pomiarów. Unikatowe zalety tego detektora były źródłem sukcesów w kilku poprzednich projektach, np. w pionierskich badaniach promieniotwórczości dwuprotonowej.