

W przyrodzie na Ziemi występuje ponad 300 różnych naturalnych izotopów pierwiastków. Dodatkowo ponad 3000 radioaktywnych izotopów może być wytworzonych przez człowieka z użyciem akceleratorów cząstek i reaktorów jądrowych. Wszystkie te izotopy są przedmiotem badań fizyki jądrowej. Celem tych badań jest poznanie praw rządzących oddziaływaniami protonów i neutronów. Mimo, że od odkrycia promieniotwórczości w 1911 roku minęło ponad 100 lat, procesy dziejące się w jądrach atomowych nadal kryją wiele tajemnic.

Niektóre spośród tysięcy znanych izotopów stwarzają szczególnie korzystne warunki do sprawdzenia i poszerzenia konkretnych aspektów naszej wiedzy o strukturze materii jądrowej. Większość istniejących ciężkich jąder atomowych zawiera znacząco więcej neutronów niż protonów. W ramach opisanego tu projektu zajmiemy się natomiast badaniem niezwykłych izotopów, których jądra zawierają zbliżone do siebie liczby nukleonów obu rodzajów. W takich układach występują szczególnie korzystne warunki do obserwacji oddziaływań między protonami i neutronami, niewidocznych w innych obszarach tablicy nuklidów.

Pośród badanych jąder znajdują się nuklidy o liczbach protonów i neutronów bliskich 28 lub 50. Liczba te w fizyce jądrowej należą do tzw. liczb magicznych. Jądra atomowe zawierające magiczne liczby nuklidów (oddzielnie licząc protony i neutrony) są szczególnie silnie związane. Jądra sąsiednie (zawierające zbliżone liczby nuklidów) można wyjątkowo łatwo opisać, jako układy składające się z magicznego rdzenia i kilku dodatkowych nukleonów. Porównanie wyznaczonych w eksperymentach własności takich jąder z przewidywaniami teoretycznymi pozwala bardzo precyzyjnie weryfikować założenia modeli — daje informacje o fundamentalnych procesach zachodzących w materii. Jądro zawierające dokładnie 50 protonów i 50 neutronów nosi nazwę ^{100}Sn (cyna 100). Jest to najcięższe istniejące jądro podwójnie magiczne zawierające jednakowe liczby protonów i neutronów.

Badania wykonamy z wykorzystaniem akceleratorów, rozpędzających wybrane jądra atomowe do prędkości rzędu 10% prędkości światła. Pociski takie będą uderzać w specjalnie przygotowane “tarcze” zawierające inne jądra. W wyniku oddziaływania pocisków z tarczą powstaną nowe jądra — obiekty naszych badań. Jądra te będą wysoko wzbudzone (będą miały nadwyżkę energii). Zmieniając swój stan — przechodząc do stanu o minimalnej energii, zwanego stanem podstawowym — będą emitować promieniowanie elektromagnetyczne o wysokiej energii, czyli promieniowanie γ . Pomiar tego promieniowania umożliwi poznanie własności jąder.

Do rejestracji promieniowania γ zastosujemy skomplikowane układy detektorów. Będą to tzw. detektory germanowe, które dają najbardziej precyzyjną informację o wartości energii rejestrowanych kwantów gamma. W reakcjach pocisków z tarczą będą produkowane różne jądra końcowe. Spośród wielu produktów konieczne będzie wybranie tych, które są interesujące z punktu widzenia naszych badań. W tym celu zastosujemy detektory neutronów i cząstek naładowanych (protonów i cząstek α) emitowanych w trakcie reakcji.

Właściwości badanych przez nas jąder pozwolą na lepsze zrozumienie procesów tworzenia ciężkich pierwiastków w gwiazdach w ramach tzw. procesu rp i przyczynią się do wytłumaczenia ilości (abundancji) różnych pierwiastków występujących w przyrodzie.

Będziemy analizować dane zebrane w trakcie eksperymentów wykonanych w wiodących laboratoriach europejskich: laboratorium GANIL w Caen, Francja oraz laboratorium LNL w Legnaro we Włoszech. Ponadto, a raczej przede wszystkim, najnowocześniejszy europejski układ detektorów neutronów zainstalujemy w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów w Warszawie i wykonamy nowe pomiary z użyciem tego układu.