

Zrozumienie materii jest jednym z najbardziej ekscytujących wyzwań w nauce. Wiemy, że materia składa się z atomów, które z kolei składają się z grupy elektronów wokół jądra. Jądro atomowe to kwantowy układ wielu ciał zbudowany z neutronów i protonów. Zarówno neutrony, jak i protony składają się z kwarków, które są podstawowymi cząstkami, tak jak elektrony. Fizyka jądrowa zajmuje się badaniem właściwości materii na poziomie protonów i neutronów. Wiadomo, że w zależności od ich kombinacji jądra będą się zachowywać na różne sposoby. W szczególności ogromna większość znanych i przewidywanych jąder jest niestabilna z powodu nadmiaru (lub deficytu) neutronów. W takiej sytuacji, neutron może zamienić się w proton (lub proton w neutron), aby zrekompensować tę niestabilność w tak zwanym rozpadzie beta. Proces ten przekształca nie tylko jedno jądro atomowe w drugie, ale jednocześnie jeden pierwiastek chemiczny w drugi.

Rozpowszechnienie pierwiastków chemicznych w Układzie Słonecznym jest wynikiem wielu procesów z dziedziny astrofizyki jądrowej. Wytwarzane w tych procesach niestabilne jądra rozpadają się kolejno i zbliżają się stopniowo do stabilności. Właściwości rozpadu takich egzotycznych jąder wpływają na końcowe, obserwowane rozpowszechnienie pierwiastków chemicznych.

Celem tego projektu jest badanie rozpadów radioaktywnych bardzo egzotycznych jąder, aby polepszyć naszą znajomość struktury jądrowej. Właściwości jąder dalekich od ścieżki stabilności są wartościową informacją do porównania z obliczeniami teoretycznych modeli jądrowych, które oparte są na własnościach znanych jąder bliskich stabilności. Informacje uzyskane w eksperymentach prowadzonych w tym projekcie będą miały znaczenie dla badań astrofizyki jądrowej, rzucając światło na pochodzenie pierwiastków we wszechświecie.

Egzotyczne jądra nie mogą być zaobserwowane w naszym środowisku, trudno je utworzyć, a do tego rozpadają się bardzo szybko. Aby zbadać ich właściwości, musimy je wytwarzać przy pomocy różnych reakcji jądrowych. Obecne nowoczesne techniki produkcji dostarczają bardzo niestabilnych jąder, które mogą emitować wiele fotonów o wysokiej energii, a także protony lub neutrony, w przemianach promieniotwórczych zbliżających je do stabilności. W szczególności obserwacja protonów emitowanych przez jądra rozpoczęła nową erę w fizyce jądrowej, otwierając nowe możliwości poznawania struktury jąder bardzo dalekich od stabilności. Jądra będące przedmiotem zainteresowania tego projektu będą badane w między-narodowych laboratoriach akceleratorowych, w których można je wydajnie wyprodukować.

Aby obserwować wszystkie rodzaje promieniowania emitowanego w świecie mikroskopijnych jąder potrzebujemy potężnych oczu – nazywamy je detektorami – które rejestrują fotony, cząstki naładowane i neutrony emitowane przez jądra zmierzające do stabilności. Gdy wchodzimy głębiej w szczegóły struktury jądrowej, potrzebujemy coraz bardziej wyrafinowanych układów detekcyjnych. W badaniach bardzo niestabilnych jąder, planowanych w tym projekcie, będziemy wykorzystywać bardzo zaawansowane instrumenty pomiarowe. Od początku XXI wieku rejestracja cząstek naładowanych emitowanych przez jądra zaczęła wymagać nowego podejścia w stosunku do metod tradycyjnych, stosowanych wcześniej. W odpowiedzi na tę potrzebę, na Uniwersytecie Warszawskim opracowano nową metodę detekcji cząstek naładowanych, która wykorzystuje technikę fotograficzną. Powstał bardzo wydajny i czuły instrument, który będzie zastosowany w tym projekcie do badania rozpadów jąder z niedoborem neutronów. Ponadto w ramach tego projektu zostaną zbadane nowe rozwroje i udoskonalenia tej techniki fotograficznej, mające na celu zwiększenie wrażliwości na przyszłe eksperymenty.

Eksperymenty przeprowadzone w tym projekcie będą analizowane za pomocą zaawansowanych algorytmów i symulacji Monte Carlo w celu wydobycia interesujących informacji o strukturze jądrowej. Wyniki pozwolą na lepsze zrozumienie zachowania niestabilnych jąder i na przetestowanie najnowszych modeli teoretycznych. Pozwoli to ulepszyć obliczenia astrofizyczne i zrobić kolejny krok na ekscytującej drodze do zrozumienia składu chemicznego wszechświata.