

Przemiana beta jest najpowszechniej występującym rodzajem promieniotwórczości jądrowej niestabilnych. Jądra o nadmiarze neutronów ulegają rozpadowi beta minus, w którym powstaje jądro o tej samej liczbie masowej, ale o większej o jeden liczbie atomowej. Powstały układ nukleonów często po przemianie jest w stanie wzbudzonym. Typowym przykładem deekscytacji jest emisja promieniowania gamma. Taka sytuacja ma miejsce dla jąder położonych blisko linii stabilności. Wraz z rosnącym nadmiarem neutronów rośnie energia przemiany beta i możliwe jest zasilanie coraz bardziej wzbudzonych stanów. Od pewnego momentu powstające w rozpady beta stany mogą posiadać energie przekraczające energię separacji neutronu (minimalną energię potrzebną do wyrwania neutronu z jądra) i w konsekwencji deekscytacja przebiega poprzez emisję neutronu. Zjawisko to, odkryte w 1939 roku, nosi nazwę emisji neutronów powstających po rozpady beta. Pomimo tego, i neutrony powstające stanowią zaledwie około 1% wszystkich neutronów powstających podczas rozszczepienia (pozostałe to neutrony natychmiastowe) to ich obecność jest kluczowa dla kontrolowania reaktorów jądrowych. Dzięki temu, że neutrony te są emitowane po sekundach lub minutach od rozszczepienia możliwe jest utrzymywanie reaktora w stanie krytycznym za pomocą urządzeń mechanicznych.

Neutrony powstające natychmiastowe powstają tak szybko, że w ich przypadku nie byłoby to możliwe. Neutrony powstające mają tak istotne znaczenie podczas wybuchów supernowych typu II, prowadzących do powstania dużej części pierwiastków cięższych od żelaza. Normalne procesy spalania w gwiazdach mogą doprowadzić do powstania jedynie lżejszych pierwiastków. Pozostałe powstają poprzez serię wychwyty neutronów i rozpady beta. W przypadku wybuchu supernowej olbrzymi strumień neutronów prowadzi do trwającego kilka sekund procesu szybkiego wychwytu neutronu, podczas którego powstają jądra zawierające duży nadmiar neutronów i co za tym idzie emitujące w rozpady beta neutrony powstające. Dla zrozumienia przebiegu tego zjawiska niezbędne jest uwzględnienie tych neutronów, które zmieniają ostateczny rozkład produkowanych pierwiastków i czas trwania zjawiska.

Pomimo tego, i neutrony powstające znane są od blisko 80 lat nasza wiedza na ich temat nie jest kompletna. Do tej pory nie zbadano nawet wszystkich emiterów neutronów powstających podczas rozszczepienia uranu (jest ich około 270), z których zbadano około połowę. Łącznie z lekkimi jądrami, które nie mają znaczenia w energetyce jądrowej, posiadamy informacje o około 200 jądram emitujących neutrony powstające. Jeszcze mniej wiemy o energiach z jakimi emitowane są neutrony powstające – widma energetyczne są znane dla około 20 przypadków. Konsekwencją tego jest niezgodność danych eksperymentalnych (zmierzonych dla pojedynczych nuklidów) z pomiarami mierzącymi globalne własności materiałów rozszczepialnych. Aby rozwiązać ten problem potrzebne są nowe dane eksperymentalne i weryfikacja już istniejących. Dane potrzebne dla astrofizyki są jeszcze trudniej dostępne, gdy dopiero niedawno nauczyliśmy się wytwarzać niektóre z jąder powstających podczas tych procesów. Im więcej i im bardziej neutrononadmiarowych jąder uda nam się pomierzyć tym lepiej będziemy rozumieć skład na Ziemi wzięty z ciężkich pierwiastki i dlatego niektórych jest więcej niż innych.

W naszym projekcie zamierzamy skupić się na pomiarach eksperymentalnych nowych, nieznanych wcześniej emiterów neutronów oraz pomiarach widm energetycznych neutronów. Takie eksperymenty przeprowadzane są w międzynarodowych zespołach w dużych ośrodkach fizyki jądrowej takich jak RIKEN (Japonia) czy JYFL (Finlandia) i innych. Eksperymenty będą możliwe dzięki istniejącym już detektorom, ale chcemy także zbudować własny detektor, który będzie doskonałym uzupełnieniem istniejących urządzeń. Dzięki temu, że będziemy mogli testować go w naszym laboratorium, możliwe będzie opracowanie odpowiednich procedur i metod, które będą użyteczne także podczas używania innych detektorów.

Pomiary eksperymentalne są ograniczone do tych jąder, które potrafimy wytworzyć. Wiele z najbardziej egzotycznych nuklidów jest poza naszym zasięgiem. W tych przypadkach, szczególnie istotnych w astrofizyce, pomocne są modele teoretyczne, które potrafi przewidywać własności nieznanych jeszcze jąder. Rozwój jednego z takich modeli będzie innym naszym zadaniem. Dzięki nowym danym eksperymentalnym będziemy mogli na bieżąco weryfikować jego wyniki i ewentualnie uwzględnić zjawiska lub własności, które są kluczowe dla poprawnego opisu zjawiska.