

Jądra atomowe to układy kwantowe tworzone przez protony i neutrony, które są związane dzięki oddziaływaniom silnym. Po ponad 100 latach od odkrycia jądra atomowego, natura oddziaływań wiążących nukleony wciąż skrywa wiele tajemnic. W dalszym ciągu nie jest jasne, jak wiele kombinacji protonów i neutronów może istnieć w formie związanej. W szczególności otwarte pozostaje pytanie o to, jak duża może być w takich układach nadwyżka jednego ze składników. Nuklidy, które mają znaczącą przewagę protonów lub neutronów, nazywane są *egzotycznymi*. Pomimo faktu, że takie egzotyczne nuklidy nie występują naturalnie w naszym obecnym otoczeniu, wiedza o nich jest niezbędna, aby zrozumieć, w jaki sposób powstała otaczająca nas materia. Poznanie własności egzotycznych izotopów jest konieczne, aby wyjaśnić proces nukleosyntezy, a więc odtworzyć przebieg procesów astrofizycznych w odległej przeszłości Wszechświata, których konsekwencją jest rozpowszechnienie pierwiastków chemicznych tworzących świat wokół nas.

Aby zademonstrować granice doświadczalnego poznania jąder atomowych, znane nuklidy grupuje się według liczby protonów i dla każdego pierwiastka przedstawia się izotopy promieniotwórcze. Taka graficzna wizualizacja nazywana jest mapą nuklidów i w pewnym stopniu obrazuje ona obecną wiedzę o oddziaływaniach wiążących nukleony. Podobnie jak tablica Mendelejewa ukazała podobieństwo właściwości niektórych pierwiastków chemicznych, tak też reprezentacja jąder atomowych w postaci mapy ułatwia znalezienie cech wspólnych dla niektórych z nich. Nuklidy zawierające pewne *magiczne* liczby protonów lub neutronów wyróżniają się swoimi własnościami spośród sąsiadujących izotopów. Są one silniej związane, co przejawia się m. in. tym, że trzeba dostarczyć bardzo dużo energii, aby je wzbudzić lub żeby wyrwać z nich choć jeden nukleon. O ile magiczny charakter pewnych liczb nukleonów został potwierdzony i wyjaśniony przez model powłokowy jądra atomowego dla nuklidów stabilnych i bliskich stabilności, to pytanie, na ile ta koncepcja jest adekwatna do opisu jąder egzotycznych, stanowi motywację współczesnych badań.

Eksperymentalna eksploracja egzotycznych jąder atomowych jest dużym wyzwaniem technicznym. Przewidywania teoretyczne sugerują, że liczba możliwych do utworzenia związanych układów protonów i neutronów wynosi około 7 tysięcy, z czego obecnie znanych jest mniej niż połowa. Z uwagi na brak oddziaływania kulombowskiego pomiędzy neutronami, granica istnienia takich układów po stronie neutronowo-nadmiarowej przebiega dużo dalej od ścieżki stabilności, niż po stronie protonowo-nadmiarowej. Z tego powodu nieznanne jeszcze nuklidy to głównie izotopy charakteryzujące się dużym nadmiarem neutronów. Duża ich część jeszcze długo będzie poza zasięgiem badań eksperymentalnych. Niemniej jednak, aby możliwe było modelowanie procesów astrofizycznych, musimy polegać na przewidywaniach teoretycznych dla bardzo neutronowo-nadmiarowych jąder. Te jednak mogą zostać uznane za wiarygodne, tylko jeśli uzyska się ich zgodność z dostępnymi danymi doświadczalnymi. Z tego powodu niezwykle cenne jest zrozumienie struktury jądrowej nuklidów, które dopiero od niedawna jesteśmy w stanie wyprodukować w ilości pozwalającej na zbadanie ich struktury jądrowej.

Obecnie, po neutronowo-nadmiarowej stronie mapy nuklidów, systematyczne pomiary spektroskopowe dla jąder atomowych powyżej liczb magicznych są możliwe tylko w okolicy nuklidu ^{132}Sn . W swojej pracy doktorskiej badam strukturę jądrową bardzo neutronowo-nadmiarowych izotopów cyny, które mają tylko kilka neutronów więcej niż ^{132}Sn . Takie badania pozwolą sprawdzić, czy nadmiar neutronów prowadzi do zmian efektywnych oddziaływań nukleon-nukleon w tym rejonie mapy nuklidów. Badania te stanowią również cenny test dla modelu powłokowego, który dla podobnych układów bliskich stabilności dobrze odtwarza ich własności. Weryfikacja przewidywań teoretycznych w tym obszarze mapy nuklidów jest bardzo ważna dla modelowania astrofizycznego, gdyż magiczny charakter powłoki odpowiadającej liczbie neutronów 82 uwidocznili się w dynamice astrofizycznego procesu odpowiedzialnego za powstanie około połowy nuklidów cięższych od żelaza.