



UNIwersytet
Warszawski



Year: 2025

Badanie przemiany beta izotopów bromu o liczbach masowych od $A=87$ do $A=91$ z wykorzystaniem Modularnego Spektrometru Pełnej Absorbcji

Stepaniuk, Michał

Posted at The Institutional Repository of the University of Warsaw
ReIn UW: <https://repozytorium.uw.edu.pl/handle/item/166401>
Unique UUID of the publication: 8f8e892b-dcc1-4cf5-b44a-d1c622240462



The following work is licensed under a CC-BY-SA - Attribution-ShareAlike License.

Opinia o rozprawie doktorskiej mgr Michała Stepaniuka

Rozprawa doktorska mgr Michała Stepaniuka pod tytułem “Badanie przemiany beta izotopów bromu o liczbach masowych od $A=87$ do $A=91$ z wykorzystaniem Modularnego Spektrometru Pełnej Absorpcji” przedstawia wyniki badań rozpadu beta wybranych nuklidów produkowanych w rozszczepieniu ^{238}U . Eksperyment został wykonany w Laboratorium Narodowym Stanów Zjednoczonych w Oak Ridge z wykorzystaniem tamtejszego akceleratora typu tandem, układu separatora mas, oraz Modularnego Spektrometru Pełnej Absorpcji (MTAS). Detektor MTAS charakteryzujący się bardzo dużą wydajnością został zbudowany w tym laboratorium przy bardzo dużym udziale grupy z Zakładu Fizyki Jądra WF UW.

W swej pracy mgr. Stepaniuk prezentuje wyniki pomiarów dla izotopów $^{87-91}\text{Br}$, oraz ^{91}Kr . Do badań nuklidy te zostały wybrane na podstawie zestawienia przygotowanego przez ekspertów Międzynarodowej Agencji Atomistyki i opublikowane w raporcie OECD z roku 2007. W raporcie tym wskazano na izotopy ^{87}Br i ^{88}Br jako jedne z najistotniejszych, których rozpad beta należy dokładnie zmierzyć detektorami o wysokiej wydajności. Dodatkowo w roku 2023 Nichols et al. w artykule *Improving fission-product decay data for reactor applications: part I – decay heat* rozszerzyli listę o izotopy ^{89}Br i ^{91}Kr . Kluczem do sugerowanego wyboru był wpływ w/w nuklidów na rezultaty obliczeń energii uzyskiwanej z rozpadów beta w reaktorach atomowych, a w szczególności tzw. ciepła powyłączeniowego (decay heat). Ciepło powyłączeniowe jest jedynym źródłem ciepła po wyłączeniu reaktora, źródłem na tyle istotnym że mogącym spowodować uszkodzenie reaktora w przypadku wypadku typu utrata chłodzenia. Przy wyborze nuklidów warty zbadania autorzy raportu brali pod uwagę nie tylko prawdopodobieństwo produkcji danego nuklidu w rozszczepieniu czy też brak dostatecznych informacji o schemacie rozpadu ale również oszacowania potencjalnych błędów popełnianych przy badaniach schematów rozpadów beta z wykorzystaniem detektorów o niskiej wydajności, ale wysokiej zdolności rozdzielczej.

W swojej pracy mgr. Stepaniuk pokazuje, że uzyskane wyniki dla badanych izotopów mają największy wpływ na obliczenia ciepła powyłączeniowego przy rozszczepieniu ^{235}U , poprawiając całkowitą jakość dopasowania do danych eksperymentalnych (chi-2 zmniejszone o 58%).

Drugim aspektem prezentowanej pracy jest wpływ nowo ustanowionych schematów rozpadów na wyjaśnienie zagadki deficytu antyneutrin reaktorowych, czyli obserwacji mniejszego o ok. 6% niż spodziewany na podstawie obliczeń, strumienia antyneutrin produkowanych w reaktorze. Uzyskane przez mgr Stepaniuka wyniki zmieniają całkowite oczekiwane widmo energii antyneutrin elektronowych w zakresie od 1% dla ^{241}Pu do aż 2.9% dla ^{235}U , co stanowi istotny wkład w rozwiązanie zagadki.

Ważną częścią odtworzenia schematów rozpadu było ustalenie przebiegu rozpadu beta z opóźnioną emisją neutronów (Bn). Wszystkie opracowane nuklidy są emiterami neutronów opóźnionych, ale tylko ^{87}Br ma dobrze udokumentowany schemat rozpadu. Dla pozostałych izotopów informacje dostępne w bazach są mniej lub bardziej skąpe. W szczególności np. dla rozpadu ^{90}Br znane były przejścia typu Bn-gamma do stanów wzbudzonych w ^{89}Kr do energii 1.1 MeV. Praca mgr Stepaniuka rozszerza naszą wiedzę o natężeniach przejściach Bn do stanów wzbudzonych o energiach aż do 2.2 MeV, zaś w rozpadzie ^{91}Br identyfikuje po raz pierwszy przejścia Bn do stanów wzbudzonych w ^{90}Kr .

Znaczącym elementem pracy mgr. Stepaniuka, było udoskonalenie metody analizy danych z detektora MTAS poprzez uzupełnienie stosownego oprogramowania o dodatkowe klasy np. dopasowania w/g algorytmu Bayesa oraz tak zwanego dopasowania 2D. Autor wykonał ogromną pracę poszukując najlepszej aproksymacji funkcji odpowiedzi dla nowych (quasi-) jaki i już znanych poziomów. Pracę która w wielu przypadkach nie mogła być zautomatyzowana. Wspomniane oprogramowanie przez wiele lat będzie stanowić podstawę do analizy danych uzyskanych w eksperymentach z wykorzystaniem detektora MTAS. Chociaż autor nie brał udziału w eksperymencie z którego pochodzą dane przez niego analizowane, udział w innych eksperymentach z użyciem detektora MTAS dowiódł jego biegłości eksperymentalnej. W sumie mgr. Stepaniuk jest autorem 9 prac naukowych w tym dwie dotyczą bezpośrednio zagadnień z pracy doktorskiej, a następane trzy są wynikiem udziału autora w innych eksperymentach z wykorzystaniem MTAS. Dodatkowo oceniam, że prezentowana praca zawiera materiał na co najmniej trzy dalsze artykuły.

Rozprawę, choć jest obszerna, łatwo się czyta. Napisana jest językiem poprawnym i zrozumiałym, posiada wiele rysunków oraz tabel, które są pomocne w zrozumieniu prezentowanego zagadnienia. Tabele zawierające szczegółowe dane zasilań zostały umieszczone w załączniku co poprawia czytelność pracy. Dodatkowo wielostronicowe schematy rozpadu beta zostały dodane do Archiwum Prac Dyplomowych UW jako oddzielny załącznik w formacie pliku PDF.

W moim przekonaniu rozprawa doktorska pana mgr Michała Stepaniuka spełnia z nadmiarem wszelkie wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim i w pełni zasługuje na dopuszczenie do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.