

Kraków, 27 marca 2023

Recenzja rozprawy habilitacyjnej doktora Piotra Jachimowicza pt.

“Własności ciężkich i superciężkich jąder atomowych w ramach wielowymiarowych obliczeń opartych na modelu makroskopowo - mikroskopowym z potencjałem Woodsa-Saxona”

Rozprawa habilitacyjna doktora Piotra Jachimowicza składa się z cyklu siedmiu publikacji oraz kilkunastostronicowego opracowania w języku polskim. Opracowanie to zawiera listę publikacji, opis metodologii badań, omówienie poszczególnych prac oraz podsumowanie wyników. Napisane jest zwięźle i rzeczowo oraz stanowi dobry przewodnik do samych publikacji. Publikacje te ukazały się w latach 2014-2021 w bardzo dobrych czasopismach: Phys. Rev. C (6 prac) oraz Atomic Data and Nuclear Data Tables (1 praca). Wszystkie prace mają tych samych trzech autorów i we wszystkich habilitant jest pierwszym autorem. Wskazuje to, że udział dr Piotra Jachimowicza w badaniach i przygotowaniu tych publikacji był bez wątpienia dominujący. Potwierdzają to też oświadczenia złożone przez obu współautorów.

Wiodącym tematem pracy habilitacyjnej jest zbadanie własności ciężkich i superciężkich jąder atomowych, w szerokim zakresie liczby protonów i neutronów. W celu dostarczenia realistycznych i spójnych, w całym zakresie badanych mas jąder, przewidywań teoretycznych, użyto mikroskopowo-makroskopowej metody ze zdeformowanym jednocząstkowym potencjałem typu Saxona-Woodsa oraz energii makroskopowej wyznaczonej w modelu Yukawa-plus-exponential, sformułowanym przez Krappe i Nixa. Obliczenia w ramach tego modelu zostały wykonane z użyciem wielowymiarowych przestrzeni deformacji, umożliwiając tym samym opis rozległego zakresu kształtów jąder. W wyniku otrzymano obszerną bazę danych o własnościach jąder ciężkich i superciężkich takich jak, między innymi, masy w stanach podstawowych, energie separacji nukleonów i rozpadów α , których porównanie z istniejącymi danymi doświadczalnymi pokazało na dużą zgodność i tym samym na wiarygodność i skuteczność przewidywań zastosowanego modelu.

W pierwszym artykule cyklu ([1] Phys. Rev. C89, 024304 (2014)) wyznaczono masy oraz rzuty krętu na oś symetrii jądra w dużym zakresie liczby protonów i neutronów. Umożliwiło to obliczenie energii rozpadu α dla tych układów. Stwierdzono zgodność przewidywań modelu z danymi dla zmierzonych rozpadów α , co jest niezwykle istotne w kontekście poszukiwania łańcuchów rozpadów α w celu detekcji jąder superciężkich.

W drugiej pracy ([2] Phys. Rev. C92, 044306 (2015)) na bazie wyników uzyskanych w artykule [1], znaleziono kilka superciężkich jąder ze stanem podstawowym o dużym kręcie całkowitym. Dla rozpadów α zachowujących strukturę stanu podstawowego jądra pierwotnego, nuklidy te powinny charakteryzować się znacznie wydłużonym czasem połowicznego rozpadu. Praca ta wskazuje na fascynującą możliwość niezauważenia takich obiektów przez używane w dotychczasowych eksperymentach układy detekcyjne, przystosowane do krótko żyjących jąder. Omówiono też i zbadano mechanizmy mogące powodować tak zwiększoną stabilność.

W trzecim artykule ([3] Phys. Rev. C95, 014303 (2017)) obliczono dla jąder z powyższych prac, statyczne bariery na rozszczepienie. Wyniki potwierdziły istnienie dwóch obszarów w płaszczyźnie $Z-N$ ze znacznymi barierami. Jeden obszar wokół $Z = 100 - 108$ i $N = 150 - 162$ (związany ze zdeformowanymi zamkniętymi powłokami), oraz drugi wokół $Z = 114$ i $N = 176 - 180$ (dla jąder prawie sferycznych). Pokazano, że włączenie trójosiowych kształtów znacznie zmniejsza barierę na rozszczepienie.

Czwarta praca cyklu ([4] Phys. Rev. C95, 034329 (2017)) dotyczy poszukiwania układów charakteryzujących się symetrią tetrahedralną. Obliczenia wykonane z użyciem 10-wymiarowej przestrzeni deformacji nie dały głębokich minimów o dużej deformacji tetrahedralnej. Natomiast znaleziono w ograniczonym obszarze jąder superciężkich stany podstawowe z kombinowaną deformacją oblate-plus- β_{33} . Otrzymane wyniki pokazały, że w obszarze jąder superciężkich stany podstawowe nie wykazują znacznych kształtów nieosiowych. Tym samym wyniki tej pracy potwierdziły słuszność rezultatów otrzymanych w artykule [1], gdzie ograniczono się do mniejszej przestrzeni deformacji.

Piąty artykuł ([5] Phys. Rev. C98, 014320 (2018)) dotyczy poszukiwań w

obszarze najcięższych jąder izomerów z dużym krętem i jest w pewnym sensie kontynuacją pracy [2]. Znalezione cztery 4-quasi-cząstkowe stany o wysokim kręcie $K^\pi = 20^+$ i/lub $K^\pi = 19^+$, mogące być izomerami żyjącymi 5- lub więcej rzędów dłużej niż stan podstawowy. Tak długi czas życia umożliwiłby chemiczne badania takich egzotycznych stanów.

W szóstej pracy ([6] Phys. Rev. C101, 014311 (2020)) przeprowadzono analizę wysokości pierwszych i drugich statycznych barier rozszczepieniowych z użyciem 7-wymiarowej przestrzeni kształtów. Wyznaczone wysokości tych barier porównano z danymi doświadczalnymi uzyskując bardzo dobrą zgodność. Ważnym rezultatem tej pracy było stwierdzenie nieistnienia znaczących trzecich barier rozszczepieniowych dla izotopów Th i U.

Ostatnia praca ([7] Atomic Data and Nuclear Data Tables 138, 101393 (2021)) oparta jest zasadniczo na obliczeniach wykonanych w publikacjach [1], [3] i [6]. Zawiera przewidywania własności jąder możliwe do pomiaru w eksperymencie, jak również ich parametry nie związane z wielkościami mierzalnymi. Praca ta stanowi najbardziej obszerne kompendium zawierające wielorakie przewidywania teoretyczne dotyczące jąder superciężkich takie jak: masy jądrowe, energie makroskopowe, deformacje, energie rozpadów α , energie separacji jednego i dwóch nukleonów, wysokości barier rozszczepieniowych. Praca ta jest niezwykle przydatna, wręcz niezbędna, dla analizy danych czy dla planowania nowych eksperymentów, dotyczących nie tylko jąder superciężkich.

Trudno przecenić wagę i znaczenie wyników otrzymanych przez doktora Piotra Jachimowicza dla obecnych i przyszłych analiz danych doświadczalnych czy dla planowania nowych eksperymentów. Wyniki pracy dotyczące znaczenia typów deformacji dla punktów siodłowych pokazały na konieczność uwzględnienia w analizach kształtów trójosiowych. Wskazano na ograniczony obszar jąder superciężkich mogących posiadać w stanie podstawowym kształt nieosiowy. Stwierdzono możliwość istnienia w obszarze jąder superciężkich długożyciowych K-izomerów o strukturze jednoczesnego wzbudzenia pary protonowej i neutronowej. Efektem prac było również znalezienie w obszarze najcięższych jąder o liczbie masowej nieparzystej i nieparzysto-nieprzystych kandydatów o powyższej stabilności ze względu na znaczną wartość krętu w

stanie podstawowym. Takie długożyciowe układy wymagają do ich wykrycia modyfikacji dotychczas stosowanych układów koincydencyjnych. Wyniki uzyskane przez doktora Piotra Jachimowicza, zebrane w pracy [7] są i będą w przyszłości niezbędne w analizie i planowaniu eksperymentów.

Podsumowując, uważam, że rozprawa habilitacyjna doktora Piotra Jachimowicza "Własności ciężkich i superciężkich jąder atomowych w ramach wielowymiarowych obliczeń opartych na modelu makroskopowo - mikroskopowym z potencjałem Woodsa-Saxona" zawiera interesujące nowe i ważne wyniki oraz spełnia ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym.



Prof. dr hab. Henryk Witała
Instytut Fizyki
Uniwersytet Jagielloński