

Warszawa, 4 maja 2023

Recenzja osiągnięcia naukowego dra Piotra Jachimowicza pt.
”Własności ciężkich i superciężkich jąder atomowych w ramach wielowymiarowych obliczeń opartych na modelu makroskopowo-mikroskopowym z potencjałem Woodsa-Saxona”

Warunki nadania stopnia doktora habilitowanego zostały unormowane w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2022 r, poz. 574, tekst ujednolicony), zwanej dalej **Ustawą**.

Na podstawie art. 219 Ustawy stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) Posiada stopień doktora.

2) Posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w czasopiśmie naukowym publikującym recenzowane artykuły, ujętym w międzynarodowych bazach czasopism naukowych o największym zasięgu.

Osiągnięcie może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

3) Wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

Wykładnię przepisów Ustawy podała Rada Doskonałości Naukowej (RDN) w poradniku „Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego”, zamieszczonym na stronie RDN <https://www.rdn.gov.pl/dobre-praktyki.poradnik-postepowania-dotyczace-nadawania-stopnia-doktora-habilitowanego.html>

Ad. 1 Panu doktorowi Piotrowi Jachimowiczowi **stopień doktora** nadała uchwałą z dnia 27 września 2011 roku Rada Naukowa Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu

Zielonogórskiego w Zielonej Górze za pracę z fizyki jądrowej „*Własności najcięższych jąder atomowych*”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. Piotr Rozmej.

Ad. 2 Na osiągnięcie naukowe doktora Piotra Jachimowicza składa się cykl 7 prac współautorskich, napisanych wspólnie z profesorami Michałem Kowalem i Januszem Skalskim z Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Warszawie.

Wkład profesorów Kowala i Skalskiego do powstania omawianych prac polegał na wspólnym z Habilitantem planowaniu tematyki badań, analizie wyników oraz redagowaniu tekstu publikacji. Prócz tego prof. Skalski jest współautorem części programów komputerowych użytych do obliczeń, a prof. Kowal prowadził korespondencję z redakcjami czasopism.

Jednak wkład Habilitanta w powstanie tego cyklu monotematycznych prac był kluczowy – to On dostosował istniejące kody numeryczne na potrzeby powstających prac, zaproponował i uzgodnił tematykę ze współautorami oraz wykonał obliczenia, większość na klawiaturze w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Sześć prac (oznaczonych jako H1-H6) omawianego cyklu zostało opublikowanych w Physical Review C, jednym z najlepszych czasopism na świecie, publikujących recenzowane prace poświęcone fizyce jądrowej. Impact factor (IF) dla Physical Review C jest wysoki i wahał się w latach publikacji od 3.1 do 3.7 zaś ilość punktów MNiSW wynosiła od 40 do 140. Siódma praca (H7) została opublikowana w Atomic Data and Nuclear Data Tables z IF=2.8 z ilością punktów MNiSW 200.

Wszystkie prace cyklu poświęcone są fizyce najcięższych jąder atomowych intensywnie badanych w ostatnich latach teoretycznie i doświadczalnie .

W ostatnich dwudziestu latach w reakcjach gorącej syntezy wytworzono szereg jąder najcięższych. Obecnie najcięższym wytworzonym jądrem jest ^{294}Og o liczbie protonów $Z=118$ i liczbie neutronów $N=176$. Jądro to jest niestabilne ze względu na rozpad alpha z czasem połowicznego rozpadu 0.89 ms. Identyfikacja wytworzonego jądra opiera się na określeniu energii rozpadu alpha dla ciągu rozpadów i porównaniu ze znanymi wartościami. Jednak w obszarze najcięższych jąder doświadczalne wartości energii rozpadu alpha są nieznane i zmierzone energie, w celu identyfikacji, porównywane są z wartościami teoretycznymi obliczonymi w modelach, które wcześniej prawidłowo odtwarzały wartości energii czy czasu

połowicznego rozpadu. Jednym z najlepszych modeli teoretycznych na świecie jest model makroskopowo-mikroskopowy (M-M) rozwijany przez ostatnie kilkadziesiąt lat w Warszawie. W modelu tym, przed powstaniem omawianych prac, wykonano wiele obliczeń, ale ograniczano się przeważnie do jąder parzysto-parzystych. Metoda M-M używa zdeformowanego, jednocząstkowego potencjału jądrowego typu Woods-Saxona oraz makroskopowej energii tzw. Yukawa-plus-exponential wraz z oddziaływaniem Coulombowskim. Promień powierzchni jądra atomowego rozwijany jest w szereg harmonik sferycznych z parametrami tworzącymi tzw. przestrzeń deformacji.

W pracy H1 rozszerzono zakres wcześniejszych rachunków - zostały policzone energie rozpadu alpha pomiędzy stanami podstawowymi dla wybranych jąder, w tym nieparzystych i nieparzysto-nieparzystych, z zakresu liczb atomowych $Z=101-119$ (H1-Tab. V). Praca ta jest bardzo cenna przy identyfikacji najcięższych jąder, w szczególności mogłaby pomóc w identyfikacji energii w planowanej syntezie jądra o liczbie protonów $Z=119$. W pracy ograniczono się do opisu kształtu jądra przez parzyste harmoniki sferyczne. Czy kształty bez symetrii odbiciowej (kształty gruszko-podobne) oraz brakiem symetrii obrotowej mogą być w obszarze jąder najcięższych istotne?

Na to ciekawe pytanie odpowiada praca H4. Okazało się, że dopuszczenie oktupolowego stopnia swobody wraz z utratą osiowej symetrii, tzn. rozwinięcie promienia jądra w funkcji sumy dwóch harmonik $Y_{3,2}+Y_{3,-2}$ obniża energie stanu podstawowego dla jąder w obszarze aktywności $Z=92$, $N=136$ (H4-Rys. 1) oraz dla jąder superciężkich $Z=126$, $N=192$, będących poza granicami obecnych możliwości doświadczalnych. Oznacza to, że przestrzeń deformacji osiowo-symetrycznych wybrana do obliczeń w pracy H1 jest wystarczająca.

Habilitant nie ograniczył się do badania stabilności najcięższych jąder względem rozpadu alpha – zbadał również stabilność względem rozszczepienia, szczegółowo dyskutując wysokość barier w pracach H3, H6 i H7.

W pracy H3 obliczono statyczne bariery rozszczepieniowe dla 1305 ciężkich i superciężkich jąder z liczbą atomową $98 \leq Z \leq 126$. Kształt barier może być skomplikowany, dlatego w pracy H6 analizowano ich dwugarbną strukturę na przykładzie 75 aktywności ze znanymi doświadczalnie wysokościami. Policzone wysokości pierwszej i drugiej bariery oraz

porównano z wartościami doświadczalnymi otrzymując odchylenie wyrażone przez rms rzędu 1 MeV.

Jądro atomowe, ze względu na zasadę zachowania momentu pędu przy rozpadzie alpha może żyć długo jeśli stan podstawowy ma wysoki rzut momentu pędu na oś symetrii (K), a jądro córka w okolicach stanu podstawowego posiada stany o niskim momencie pędu. Ponadto stany wzbudzone o wysokim spinie, nazywane stanami izomerycznymi, są bardzo interesujące przy badaniu stabilności jąder ciężkich i superciężkich, szczególnie wtedy kiedy czas życia takiego stanu jest znacznie dłuższy od czasu życia stanu podstawowego. Dlatego w ostatnich latach stany podstawowe o wysokim rzucie momentu pędu na oś symetrii oraz stany izomeryczne zaczęto intensywnie badać teoretycznie. Badaniom takich stanów poświęcone są prace H2 i H5. W pracy H2, na podstawie systematycznych obliczeń wykonanych dla 1364 ciężkich i superciężkich jąder, włączając układy nieparzyste, Habilitant znalazł kilka kandydatów na stany podstawowe o wysokim K .

Praca H7 stanowi systematyczne i imponujące podsumowanie prac wcześniejszych. Policzone w niej parametry kształtu i masy stanów podstawowych oraz punktów siodłowych dla 1305 ciężkich i superciężkich jąder atomowych o liczbach protonów z zakresu $Z = 98-126$ oraz liczby neutronów $N = 134-192$. Na podstawie tych danych obliczono wartości pochodne: wysokości barier, energie separacji pomiędzy stanami podstawowymi dla protonu, neutronu, dwóch protonów, dwóch neutronów i cząstki alpha. Obliczenia mas dla stanów siodłowych przeprowadzono dosyć wyrafinowaną metodą numeryczną, polegającą na analizie zachowania ekwipotencjalnych linii energii potencjalnej (imaginary water flow).

Na podstawie powyższej analizy stwierdzam, że cykl powiązanych tematycznie prac H1-H7, opublikowanych w czasopismach Physical Review C i w Atomic Data and Nuclear Data Tables, publikujących wyłącznie recenzowane artykuły, stanowi znaczny wkład w rozwój fizyki jąder ciężkich i najcięższych, oraz spełnia wszystkie kryteria osiągnięcia naukowego. Pomimo, że osiągnięcie naukowe stanowi część pracy zbiorowej, to numeryczne zbadanie stabilności jąder ciężkich i najcięższych jest indywidualnym wkładem Habilitanta.

Ad. 3. Dr Piotr Jachimowicz cykl prac H1-H7 napisał wspólnie z profesorami Michałem Kowalem i Januszem Skalskim, pracownikami Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Warszawie. Tam też wykonał istotne obliczenia, które weszły do wspomnianego cyklu. Ponadto część pozostałych prac, opublikowanych po doktoracie, została napisana wspólnie z profesorami G. G. Adamianem i N. V. Antonenko, pracownikami Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej, w Rosji. W latach 2013-2019 wygłosił 12 seminariów na szkołach i konferencjach krajowych i zagranicznych. Pokazuje to, że Jego aktywność naukowa nie ograniczała się do uczelni macierzystej - Uniwersytetu Zielonogórskiego. Należy także odnotować, że w macierzystej uczelni był promotorem 3 prac magisterskich oraz 3 prac licencjackich. Indeks Hirscha wynosi 9.

Stwierdzam, że Habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w kilku instytutach naukowych, w szczególności z instytutem zagranicznym.

W konkluzji stwierdzam, że doktor Piotr Jachimowicz spełnia wszystkie warunki stawiane przez Ustawę nadania stopnia doktora habilitowanego i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Prof. dr hab. Zygmunt Patyk



Narodowe Centrum Badań Jądrowych

02-093 Warszawa

Ul. Pasteura 7

