

Prof. dr hab. Waldemar Urban  
Wydział Fizyki  
Uniwersytetu Warszawskiego  
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

## Ocena osiągnięć naukowych dr Krzysztofa Miernika w związku z postępowaniem habilitacyjnym

### 1. Sylwetka habilitanta

Pan doktor Krzysztof Miernik jest absolwentem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie uzyskał dyplom magisterski w 2005 roku a następnie podjął studia doktoranckie, których tematem było badanie promieniotwórczości dwuprotonowej, dołączając do jednego z najlepszych zespołów zajmujących się badaniem rozpadów protonowych jąder protonowo-nadmiarowych oraz rozpadów beta jąder neutronowo-nadmiarowych. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych na Uniwersytecie Warszawskim w roku 2009 za znakomitą pracę dotyczącą badania promieniotwórczości dwuprotonowej jądra  $^{45}\text{Fe}$ , stał się uznanym na świecie specjalistą w tej dziedzinie. Warto podkreślić, że praca doktorska dr. Miernika została wyróżniona w roku 2011 nagrodą Prezesa Rady Ministrów.

W roku 2009 dr. Miernik został zatrudniony jako adiunkt na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. W 2010 roku wyjechał na trzyletni staż naukowy do Oak Ridge National Laboratory w USA, w ramach stypendium Wignera. W tym ośrodku fizyki jądrowej o światowej renomie doktor Miernik uzyskał większość danych zawartych w osiągnięciu naukowym przedstawionym w Jego wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Od powrotu z USA w roku 2013, dr Miernik pracuje na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

### 2. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Osiągnięcie naukowe Pana doktora Krzysztofa Miernika, przedstawione we wniosku obejmuje 8, powiązanych tematycznie prac (H1 – H8), opublikowanych w latach 2013 – 2014 w czasopismach z listy filadelfijskiej. Dwie z nich to materiały konferencyjne (H7 i H8) opublikowane w Acta Physica Polonica B zaś pozostałe sześć prac to artykuły opublikowane w Physical Review. Pracę H2, „Large beta-Delayed One and Two Neutron Emission Rates in the Decay of  $^{86}\text{Ga}$ ”, opublikowaną w Physical Review Letters, uważam za wybitną w dziedzinie. We wszystkich ośmiu pracach dr. Miernik jest pierwszym autorem, Cztery z nich (H3, H6, H7, H8) to prace jednoautorskie, zaś w pozostałych czterech wkład doktora Miernika jest dominujący, co wynika z dołączonych do dokumentacji oświadczeń współautorów.

Praca habilitacyjna dr Miernika dotyczy badania emisji neutronów opóźnionych w jądrach atomowych, powstających w rozpadzie beta. Jest to zjawisko o fundamentalnym znaczeniu dla opisu zjawisk zachodzących w reaktorach jądrowych a także w tzw. procesie  $r$ , astrofizycznym procesie w trakcie wybuchów gwiazd supernowych typu II lub przy łączeniu gwiazd neutronowych, w którym, jak się uważa, powstało około połowy pierwiastków cięższych od żelaza. Emisja neutronów opóźnionych jest w dużym stopniu niezbadana. Stąd, m.in., mogą wynikać otwarte pytania fizyki reaktorowej, np. problem niedoboru antyneutrino elektronowych. Jest to także ważne narzędzie poznawania struktury najbardziej egzotycznych



jąderek, gdzie oczekuje się nowych efektów związanych ze zmianami struktury powłokowej, wywołanej dużym nadmiarem neutronów.

Przewiduje się, że w stanach związanych może istnieć około 8000 jąder. Większość z nich to tzw. jądra neutronowo-nadmiarowe, ułożone między ścieżką stabilności a linią oderwania neutronu. Około 4000 z nich spełnia warunek energetyczny na emisję neutronu opóźnionego. Jądra te w większości nie są znane i tylko dla 270-ciu istnieją przewidywania teoretyczne dotyczące emisji neutronu. Co więcej, tylko dla 153 z nich przewidywania te są zweryfikowane doświadczalnie. To podkreśla wagę pracy habilitacyjnej dr. Miernika, w której zbadał On doświadczalnie kilka dalszych przypadków, w tym jądro, które emituje dwa neutrony opóźnione oraz zaproponował nowe modele fenomenologiczne opisujące proces emisji neutronów opóźnionych, które mogą być użyteczne tam, gdzie obecne eksperymenty nie sięgają.

Jądra badane w pracy dr. Miernika leżą w okolicy podwójnie magicznego rdzenia  $^{78}\text{Ni}$ , gdzie zaczyna się ścieżka procesu  $r$ , i gdzie w reakcji rozszczepienia izotopu uranu,  $^{235}\text{U}$ , powstają ważne w fizyce reaktorowej emitery neutronów opóźnionych.

W pracach H1 i H4 dr. Miernik badał, istotne dla energetyki jądrowej, rozpady jąder  $^{93}\text{Kr}$  i  $^{93}\text{Br}$ , które mają istotny wkład do całkowitego strumienia neutronów opóźnionych oraz ciepła rozpadu produktów rozszczepienia w reaktorach ( $^{93}\text{Rb}$  jest piątą na liście takich jąder). Nowe wartości czasu życia i prawdopodobieństwa emisji neutronów opóźnionych,  $P_n$  w tych jądrach dały w modelu procesu  $r$  zmianę rozkładu mas  $A=92-94$  o 20%. Dr. Miernik wskazał tu m.in. na konieczność kontynuacji takich badań ponieważ suma wielu, czasem drobnych, różnic może znacząco zmienić cały obraz zjawiska. Może też być powodem niepowodzeń w dotychczasowych opisach emisji neutronów opóźnionych.

W pracy H5 badana była struktura wzbudzeń w nieparzysto-nieparzystym jądrze  $^{82}\text{As}$ , którego skomplikowanej struktury nie dało się odtworzyć używając dostępnych, efektywnych oddziaływań proton-neutron. Praca ta dobrze ilustruje potrzebę dalszych takich badań. Można tu dodać, że postęp w tej dziedzinie następuje szybko i w niedawnych pracach, prowadzonych także na Wydziale Fizyki UW, uzyskano doskonały opis sąsiedniego jądra nieparzysto-nieparzystego,  $^{86}\text{Br}$ .

W znakomitej pracy H2, dr. Miernik zaobserwował emisję dwóch neutronów opóźnionych z jądra  $^{86}\text{Ga}$ . Jest to dopiero drugi taki przypadek zmierzony. W pracy tej opracowana została metoda statystyczna, pozwalająca wyznaczać krótkie czasy życia jąder bardzo egzotycznych, dla których uzyskuje się tylko niewielkie statystyki w pomiarach. Taki sposób analizy, został uogólniony przez dr. Miernika na inne pomiary o niskich statystykach w pracy H8. W pracy H2 pokazano także, że jądro  $^{86}\text{Ge}$  ma już znaczną deformację kwadrupolową, co pozwoliło odrzucić hipotezę o możliwej liczbie „półmagicznej”  $N=54$ . Występowanie emisji dwóch neutronów opóźnionych z jądra  $^{86}\text{Ga}$  i jąder mu podobnych może mieć znaczący wpływ na modelowanie astrofizycznego procesu  $r$ .

Zaawansowana analiza rozgałęzień rozpadu beta  $^{86}\text{Ga}$  bez emisji oraz z emisją jednego i dwóch neutronów w pracy H2, wymagająca uwzględnienia emisji ze wszystkich jąder w tym skomplikowanym łańcuchu, została rozwinięta w nowy, fenomenologiczny model emisji neutronów opóźnionych opublikowany w pracach H3 i H6. Model podany w pracy H3 opisuje dane eksperymentalne dla emisji neutronu,  $P_n$ , lepiej niż poprzednie modele fenomenologiczne i z tego powodu został umieszczony w bazie modeli teoretycznych emisji



neutronów opóźnionych w projekcie CRP Międzynarodowej Komisji Energii Atomowej, IAEA. W pracy H6 dr Miernik pokazał, że stosowana dotychczas tzw. metoda obciążenia, zakładająca 100% prawdopodobieństwo emisji  $n$  neutronów, jeśli tylko pozwala na to dostępna w rozpadzie energia, powinna być zastąpiona bardziej realistycznym obrazem w którym dozwolona jest sekwencyjna emisja także mniejszej liczby neutronów o większej energii. Otwarcie większej ilości kanałów w nowym modelu, znacząco redukuje przewidywania prawdopodobieństw wyliczonych przy użyciu metody obciążenia, np. maksymalna wartość  $P_{2n}$  w nowym modelu wynosi tylko ok. 60%.

Model emisji neutronów opóźnionych opisany w pracy H6 został użyty do wyznaczenia średnich energii neutronów opóźnionych dla przypadków, najważniejszych z punktu widzenia energetyki jądrowej. Wyniki tego modelu, opisane w pracy H7, są bardzo zadowalające, potwierdzając jego użyteczność i słuszność poczynionych założeń.

Podsumowując, wyniki uzyskane przez dr Miernika w pracy habilitacyjnej świadczą o Jego wysokich kwalifikacjach i dużej samodzielności naukowej. Warto zaznaczyć, że obok dominującego wkładu w interpretacje fizyczne pomiarów w ORNL, opisanych w wymienionych wyżej pracach, dr Miernik wniósł istotny wkład w rozwój technik eksperymentalnych i metod analizy danych tam stosowanych.

### 3. Ocena dorobku i aktywności naukowej

Oprócz ośmiu omówionych prac H1-H8, dr Miernik jest współautorem 52 innych prac znajdujących się w bazie JCR. W siedmiu z tych prac jest pierwszym autorem a 38 z nich ukazało się po uzyskaniu przez dr Miernika tytułu doktora. Sumaryczny impact factor JCR dr Miernika wynosi obecnie 144.4, liczba cytowań, wg. Bazy Web of Science (WoS) wynosi 420 (bez autocytowań) zaś indeks Hirscha (WoS) wynosi 13. Wyniki te uzyskane w ciągu zaledwie 7 lat od doktoratu stanowią imponujący dorobek.

Poza pracami dotyczącymi osiągnięcia naukowego omawianego powyżej, dr Miernik brał aktywny udział m.in. w badaniach jąder neutronowo-nadmiarowych, jąder protonowo-nadmiarowych oraz jąder superciężkich. Jego udział dotyczył pomocy w eksperymentach, przygotowania detektorów oraz rozwoju systemu akwizycji i metod analizy danych. Brał także udział w pracach teoretycznych dotyczących rozpadu dwuprotonowego.

W przypadku jąder neutronowo-nadmiarowych dr Miernik brał udział w wyznaczaniu nieznanymi wcześniej czasów życia izotopów  $^{82}\text{Zn}$ ,  $^{83}\text{Zn}$ ,  $^{85}\text{Ga}$  i  $^{86}\text{Ge}$  jak i weryfikacji znanych czasów dla jąder  $^{84}\text{Ge}$ ,  $^{85}\text{Ge}$ ,  $^{84}\text{As}$ ,  $^{85}\text{As}$ ,  $^{86}\text{As}$  i  $^{87}\text{As}$  a także badaniu schematów rozpadu jąder  $^{71-73}\text{Co}$ ,  $^{85}\text{Ga}$  i  $^{124,126}\text{Cd}$ . Cennym narzędziem w takich badaniach jest detektor pełnej absorpcji (TAS). W trakcie stażu w ORNL dr Miernik uczestniczył w budowie dużego, segmentowanego detektora (MTAS) o wydajności sięgającej 98% w szerokim zakresie energii. Z użyciem takiego detektora badano izotopy istotne dla energetyki jądrowej, mierząc ciepło rozpadu. Pokazano, że promieniowanie gamma ma tu większy udział, niż sądzono poprzednio. W tym cyklu prac dr Miernik uczestniczył także w budowie spektrometru neutronów VANDLE, laserowego źródła jonów oraz detektora 3-Hen, użytego w pomiarach  $^{86}\text{Ga}$ . Wyniki tych prac zostały opublikowane w 18 publikacjach z wymienionych powyżej 52, w których dr Miernik jest współautorem.

Badanie promieniotwórczości dwuprotonowej było przedmiotem pracy doktorskiej habilitanta, którą to tematykę kontynuował po uzyskaniu doktoratu biorąc udział w



pomiarach promieniotwórczości dwuprotonowej jąder  $^{48}\text{Ni}$  i  $^{59}\text{Ge}$ . Podstawowym narzędziem w tych badaniach jest komora dryfowa z odczytem optycznym, której opracowanie było częścią doktoratu habilitanta. Pozwala ona na pomiary przypadków z bardzo małym przekrojem czynnym. Została ona później użyta do pomiarów protonów opóźnionych z jąder lekkich a także emisji deuteronu i trytu. Badania te zostały opublikowane w 9-ciu artykułach z wymienionych 52, w których dr Miernik jest współautorem.

W trakcie stażu w ORNL dr Miernik brał udział w poszukiwaniu i badaniu jąder superciężkich, prowadzonych we współpracy ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej w Rosji oraz Instytutem Badań Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadt w Niemczech. Doktor Miernik brał udział w budowie nowego układu detektorów paskowych, dwustronnych (DSSSD) wyposażonych w cyfrowy układ akwizycji, pozwalający mierzyć izotopy o bardzo krótkich czasach życia. Układ ten, zainstalowany w ZIBJ, pozwolił dotychczas zbadać własności m.in. najcięższych pierwiastków o  $Z=115$ ,  $Z=117$  i  $Z=118$ . Pomiary te potwierdzono używając detektora TASCA w GSI. Doktor Miernik uczestniczył także w poszukiwaniu pierwiastka o  $Z=120$  w pomiarze z użyciem detektora SHIP w GSI. Wyniki tych badań zostały opublikowane w 10-ciu artykułach z wymienionych 52, w których dr Miernik jest współautorem. Zostały one uwzględnione w decyzji Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej o uznaniu okrycia pierwiastków o  $Z=115$ ,  $117$  i  $118$ .

Prace wykonywane przez dr Miernika w GSI ZIBJ oraz w ORNL prowadzone były z użyciem najnowszych technik spektroskopii jądrowej służących do produkcji izotopów na granicy obszaru stabilności, detekcji ich rozpadów promieniotwórczych oraz nowatorskich metod analizy danych eksperymentalnych. Wysoka jakość wyników uzyskanych przez doktora Miernika świadczy o doskonałym opanowaniu przez Niego tych technik. Należy także podkreślić, że dr Miernik znakomicie orientuje się w opisie modelowym uzyskanych przez siebie wyników. Interpretacje teoretyczne zamieszczone w Jego pracach są przejrzyste i dostarczają ważnych wniosków zarówno o budowie jąder na granicy stabilności jak i parametryzacji modeli jądrowych w tym egzotycznym regionie.

Dr Miernik wygłosił 10 referatów na międzynarodowych konferencjach fizyki jądrowej w USA, Francji, Portugalii i w Polsce.

#### **4. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska**

Doktor Miernik prowadził w latach 2005-2015 na Wydziale Fizyki UW zajęcia dydaktyczne w ramach Pracowni Wstępnej, Pracowni Technik pomiarowych dla astronomów, ćwiczeń rachunkowych Fizyka I oraz Fizyka II, ćwiczeń Zaawansowana Pracownia Komputerowa, ćwiczeń do wykładu Metody Numeryczne, ćwiczeń do wykładu Mechanika Klasyczna i do wykładu Fizyka promieniowania Jonizującego. Prowadził także wykład monograficzny Rozpad beta i emisja cząstek opóźnionych. Na wydziale Chemii UW prowadził Laboratorium Fizyczne. W ramach Kursu Ochrony Radiologicznej prowadził zajęcia Pracownia Promieniotwórczości.

Był opiekunem prac licencjackich 4 studentów na Wydziale Fizyki UW i 2 studentów na Wydziale Chemii a także opiekunem naukowym doktoranta (Marcin Pomorski 2009-2015).

W latach 2010-2013 odbył, wspomniany już staż naukowy w ośrodku ORNL w USA jako stypendysta programu Wignera.



Doktor Miernik jest lub był kierownikiem projektów naukowych

- NCN Sonata, nr. 2015/18/E/ST2/00217 (2016 -2020) „Badanie zjawiska emisji neutronów opóźnionych po rozpadzie beta”
- Projektu Lo5913 „Studies of charged particle emitters at the limits of bound nuclei” (210-2012) – projekt finansowany w ORNL, USA

Kierował także eksperymentem HIL048 w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW (2014)

Doktor Miernik był uczestnikiem projektów naukowych

- Badanie promieniotwórczości dwuprotonowej (2006-2009) - grant KBN
- Badanie jąder dalekich od ścieżki stabilności ...” (201-2015) – grant NCN
- Projekt MTAS (2011-obecnie) – projekt finansowany w ORNL, USA
- Projekt VANDLE (2011-obecnie) –projekt finansowany w ORNL, USA

Warte podkreślenia jest uczestnictwo dr Miernika w projekcie BRIKEN – budowy detektorów neutronów opóźnionych, które będą użyte w RIKEN Nishina Center w Japonii. Projekt ten trwający od roku 2013 pozwoli kontynuować badanie neutronów opóźnionych, zapoczątkowane w pracy habilitacyjnej dr Miernika, w której wskazał On na potrzebę i możliwość takich pomiarów dla ok. 30 jąder. Projekt takiego eksperymentu został zaakceptowany w ośrodku RIKEN.

Doktor Miernik recenzował jeden projekt wdrożeniowy dla US Department of Energy oraz kilkanaście artykułów naukowych zgłoszonych do Physical Review Letters, Physical Review C , European Physical Journal i do Acta Physica Polonica.

Od roku 2013 do chwili obecnej dr Miernik jest członkiem Rady Wydziału Fizyki UW.

Działalność popularyzatorska doktora Miernika obejmowała udział w organizacji Festiwalu Nauki w latach 2005,2006 i 2007, udział w organizacji konkursu „Poszukiwania talentów (2007,2008), pokazy w ramach dni otwartych Wydziału Fizyki (2013,2014) i Kampusu Ochota (2015), wykład w ramach letniej Szkoły Fizyki (2015) oraz sędziowanie na Międzynarodowym Turnieju Fizyków (2015).

Za swoją działalność dr Miernik zdobył szereg wyróżnień

- stypendium START FNP, 2008
- Nagroda Prezesa Rady Ministrów za rozprawę doktorską, 2011
- Nagroda Rektora UW II stopnia, 2014
- Nagroda Rektora UW, 2015
- Stypendium MNiSW dla wybitnego młodego naukowca, 2015

**Podsumowanie**

W podsumowaniu chciałbym podkreślić, że rozprawę habilitacyjną oraz dorobek naukowy doktora Krzysztofa Miernika oceniam bardzo wysoko. Świadczą one o wysokich kwalifikacjach i samodzielności naukowej habilitanta oraz potwierdzają, że jest on światowej klasy ekspertem w swojej dziedzinie i znakomitym fizykiem jądrowym, potrafiącym zaproponować i prowadzić samodzielne badania. Wysoka jakość wyników dr Miernika skłania mnie do wnioskowania o wyróżnienie Jego osiągnięcia naukowego przedstawionego w związku z postępowaniem habilitacyjnym.

Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe jak i całokształt dorobku naukowego dr Miernika spełniają wymagania ustawowe stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego i wnoszę o dopuszczenie doktora Krzysztofa Miernika do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Waldemar Urban