

Warszawa 30 marca 2020r.

dr hab. Marek Karny, prof. ucz.
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
ul. Pasteura 5
02-093 Warszawa

**Ocena dorobku naukowego dra Jacka Rzadkiewicza i recenzja jego osiągnięć
badawczych przedstawionych do habilitacji pt:**

*„Rozwój metod analizy wysokorozdzielczych widm rentgenowskich powstających podczas
procesów zderzeniowych, procesów hamowania i w strukturach plazmowych oraz
projektowanie warunków dla zarejestrowania procesu wzbudzenia jądra poprzez wychwyt
elektronu”*

Informacje podstawowe

Dr Jacek Rzadkiewicz ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w roku 1997, zaś stopień naukowy doktora nauk fizycznych uzyskał w roku 2005. Prace doktorską pt: *„Precyzyjna spektroskopia rentgenowska atomów o średnim Z wielokrotnie zjonizowanych na wewnętrznych powłokach elektronowych ”* wykonał pod opieką prof. dr. hab. Ziemowita Sujkowskiego w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku. Od 2012 roku jest zatrudniony w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) najpierw jako adiunkt, a następnie od 2014 roku jako dyrektor w Departamencie Aparatury i Technik Jądrowych. Wcześniej zatrudniony jako koordynator wysokorozdzielczej diagnostyki rentgenowskiej w badawczym reaktorze termojądrowym Joint European Torus (JET) w Oxfordshire, w Wielkiej Brytanii. Przebywał również na dwu-letnim stażu podoktorskim w GSI Darmstadt, Niemcy.

Charakterystyka dorobku naukowego.

Zgodnie z bazą Web of Science na koniec marca 2020 r. dr Jacek Rzadkiewicz jest współautorem 494 prac z czego 9 opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora. Całkowita liczba artykułów cytujących jego prace wynosi 1858, a bez autocytowań 1485. Index hirscha habilitanta to 25. Najbardziej cytowane prace, które mają powyżej 100 cytowań są to prace z bardzo dużą liczbą autorów związane z badaniami w JET. W swoim autoreferacie habilitant przyznaje się do 61 prac, skromnie pomijając współautorstwo tych prac z JET, gdzie jest dopisany jako członek współpracy. Swój dorobek naukowy dr Rzadkiewicz prezentował na 26 konferencjach, z czego 10 razy w formie wykładu. W autoreferacie habilitant wspomina o udziale w 8 zewnętrznie finansowanych projektach badawczych, w tym 4 razy jako kierownik zadania badawczego. Dwa spośród tych projektów, to projekty komercyjne realizowane na zamówienie spółki KGHM S.A.

Z całkowitego dorobku naukowego habilitanta można wydzielić trzy główne części.

- Pierwsza część - *prace współpracy JET* - duża liczba prac, z bardzo dużą liczbą autorów (powyżej 100), traktująca o badaniach JET/ITER,
- Druga część - *badania z wykorzystaniem promieni X* - grupa prac traktujących o wykorzystaniu analizy widm rentgenowskich do badań struktury atomowej różnych układów. Są to prace z niewielką liczbą autorów maksymalnie ok. 30, a habilitant w wielu z nich jest pierwszym autorem. Część prac związana jest z badaniami dr. Rządkiwicza w JET. Niektóre prace z tej części zostały włączone do osiągnięcia naukowego przedstawionego do habilitacji,
- Trzecia część - *badanie procesu NEEC* - prace z ostatnich lat związane z badaniem zjawiska NEEC tj. wzbudzenia jądrowego poprzez wychwytywanie elektronu. Większość prac została *włączona do habilitacji*.

Całkowity dorobek dr. Rządkiwicza jest bogaty i obrazujący zaangażowanie habilitanta w pracę naukową.

Ocena osiągnięć przedstawionych do habilitacji

Dr Jacek Rządkiwicz, jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę habilitacji, przedstawił czternaście powiązanych ze sobą publikacji, w tym jedną pracę opublikowaną w *Physical Review Letters* [A5] i jedną w *Nature* [A11]. Dwie prace są dwuautorowe [A9,A13], obydwie K. Koziół i J. Rządkiwicz, pozostałe mają pięciu lub więcej autorów. W sześciu pracach dr Rządkiwicz jest pierwszym autorem, poza porządkiem alfabetycznym. Wkład habilitanta w prezentowane prace wg jego deklaracji wyniósł od 20% [A11] do 70% [A4]. Łączna liczba cytowań przedstawionych prac to 185 (na dzień 25 marca 2020, wg bazy Web of Science).

W swoim referacie habilitant grupuje przedstawione prace w pięć zagadnień:

- badanie selektywności w produkcji stanów S i P powstających w jonach helo- i berylopodobnych podczas zderzeń jon-atom [A1,A3],
- badanie oddziaływania pojedynczego fotonu z elektronami atomu prowadzące do powstawania atomów podwójnie zjonizowanych na powłoce K [A5,A9],
- analiza wysokorozdzielczych widm rentgenowskich powstających podczas procesów hamowania jonów w tarczach stałych [A2,A4],
- analiza wysokorozdzielczych widm rentgenowskich powstających w strukturach plazmowych [A6,A7,A8,A12,A13],
- wyznaczenie optymalnych warunków koniecznych do obserwacji wzbudzenia stanu izomerycznego w wyniku wychwytywania elektronu do niezapełnionej powłoki elektronicznej atomu [A10,A11,A14].

Pierwsze cztery zagadnienia łączy wykorzystanie wysokorozdzielczych widm rentgenowskich do badań „czystych” procesów atomowych, zaś piąte zagadnienie jest wykorzystaniem uprzednio nabytej wiedzy o procesach atomowych do badania wzbudzenia jądra atomowego.

Moją uwagę zwróciły dwa zagadnienia:

- analiza wysokorozdzielczych widm rentgenowskich powstających w strukturach plazmowych, oraz
- wyznaczenie optymalnych warunków koniecznych do obserwacji wzbudzenia stanu izomerycznego w wyniku wychwytu elektronu do niezapełnionej powłoki elektronowej atomu.

W zestawie pięciu prac włączonych do zagadnienia związanego ze strukturami plazmowymi odnajdujemy prace A. Eschumack, J. Rządkiwicz i inni pt. *X-ray crystal spectrometer upgrade for ITER-like wall experiments at JET* opisującą nowy układ diagnostyki, którego ważną częścią składową jest gazowy detektor promieniowania rentgenowskiego zaprojektowany w tej formie przez habilitanta i wykonany w ścisłej współpracy z grupą prof. W. Dominika z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, praca J. Rządkiwicz, W. Dominik i inni. pt. *Design of T-GEM detectors for X-ray diagnostics on JET*. Ta ostatnia cytowana ponad 35 razy. Kolejne prace opisują badanie emisji promieniowania rentgenowskiego ze wzbudzonych atomów wolframu. Ze względu na swoje właściwości fizyczne wolfram został wybrany jako materiał mający bezpośredni kontakt z plazmą w eksperymentalnym reaktorze termojądrowym (ITER). Jony wolframu przenikają do obszarów gorącej plazmy, skąd emitują promieniowanie X. Rejestracja natężenia tego promieniowania, proporcjonalnego do liczby atomów wolframu, jest rozważana jako jedna z metod pomiaru temperatury plazmy. Jednym z warunków powodzenia tej metody pomiarowej jest bardzo dokładne poznanie widma jonów wolframu o różnym stopniu jonizacji. Poznanie zarówno poprzez eksperymentalne badania emisji w warunkach kontrolowanej temperatury, jak i teoretyczne obliczenia oczekiwanych linii widma rentgenowskiego. Tymi zagadnieniami zajmują się kolejne prace z tej grupy tj. A8, A12 i A13. Dodatkowo z lektury dokumentów dostarczonych przez habilitanta wynika, że nie tylko miał on znaczący wkład w część naukową projektu, ale i w część organizacyjną (m.in poprzez koordynację prac oraz uzyskanie finansowania na ulepszenie detektora promieniowania X)

Drugim zagadnieniem, które zwróciło moją uwagę jest opisane w pracach A10, A11 i A14 wyznaczenie optymalnych warunków koniecznych do obserwacji i sama obserwacja wzbudzenia stanu izomerycznego w wyniku wychwytu elektronu do niezapełnionej powłoki elektronowej atomu. Habilitant wraz ze współautorami przewidział możliwość obserwacji procesu NEEC (Nuclear Excitation by Electron Capture) w izotopie ^{93}Mo . Dokładniej możliwość nieznacznej (ok. 5 keV) wzbudzenia stanu izomerycznego w ^{93m}Mo o czasie połowicznego zaniku $T_{1/2}=6,85$ h i spinie $21/2^+$ do stanu o spinie $17/2^+$ i $T_{1/2}=3,5$ ns. Proces ten *wybijając* izotop z długożyciowego stanu izomerycznego nie tylko uwalnia zgromadzoną w nim energię, ale zmieniając też zależności czasowe może wpływać na całkowitą produkcję danego izotopu w czasie astrofizycznych procesów tworzenia nuklidów.

Opis pierwszej obserwacji przewidzianego procesu z wykorzystaniem układu Gammasphere umieszczonego na wiązce akceleratora ATALS w Argonne National Laboratory znajdujemy w pracy A11 C.J.Chiera i inni. opublikowanej w czasopiśmie Nature. Prawdopodobieństwo procesu NEEC dla ^{93m}Mo autorzy wyznaczyli na ok 1% .

W pracy A14 dr Rządkiwicz wykorzystując swoją wiedzę w zakresie wzbudzenia stanów atomowych, wykonuje obliczenia dla izotopu ^{242}Am , który może być kolejnym

kandydatem na obserwację procesu NEEC. Po produkcji w reakcji fuzji-wyparowania izomer ^{242m}Am byłby hamowany w ciele stałym (autor dyskutuje ^7Li , ^{12}C i ^{27}Al) w czasie którego następowalby wychwyty elektronu do powłok 5p i 6p z jednoczesnym wzbudzeniem jądra atomowego.

Podsumowując, prace przedstawione do habilitacji stanowią zbiór powiązanych ze sobą publikacji przy powstaniu których dr Jacek Rzakiewicz pełnił znaczącą rolę. Wszystkie prace łączą badanie promieniowania X lub wykorzystanie wiedzy o nim do badań zjawisk fizycznych. Przedstawione prace są na wysokim poziomie, a moja ich ocena jest pozytywna. Wkład przedstawionych prac do dziedziny jest zauważalny, o czym świadczy już wspomniana wysoka liczba cytowań. Dwie prace mają ich ponad 30.

Charakterystyka dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej habilitanta

Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski oraz współpracy międzynarodowej dra Rzakiewicza jest znaczny. Uczestniczył w 5 programach międzynarodowych i krajowych np. Euroatom czy EufoFusion, brał aktywny udział w 26 konferencjach międzynarodowych. Dwukrotnie odbył staże zagraniczne: najpierw w GSI Darmstadt, Niemcy, a następnie w JET Oxfordshire w Wielkiej Brytanii. Dr Rzakiewicz jest aktywnym recenzentem takich pism jak Nuclear Instruments and Methods, Review of Scientific Instruments oraz The European Physical Journal D.

W ramach aktywności dydaktycznej habilitant prowadził dwukrotnie zajęcia w czasie szkół letnich dla studentów i doktorantów, opiekował się studentami w czasie praktyk w NCBJ, był również promotorem pracy magisterskiej wykonanej na Politechnice Warszawskiej.

Dr Rzakiewicz czterokrotnie występował w programach popularyzatorskich radia i telewizji.

Jeżeli chodzi o dorobek organizacyjny to między innymi habilitant od 2014 r. pełni funkcję dyrektora Departamentu Aparatury i Technik Jądrowych w NCBJ w Świerku, jak również jest przewodniczącym Rady Zarządzającej Centrum Nowych Technologii Energetycznych powołanego przez konsorcjum 12 uczelni i instytutów badawczych.

Podsumowanie

Po zapoznaniu się z wynikami dra Jacka Rzakiewicza zawartymi w pracach przedstawionych jako osiągnięcie naukowe do habilitacji, jak również z pozostałymi dokumentami dotyczącymi jego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, stwierdzam że spełniają one ustawowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego i wnioskuję o dopuszczenie dra Jacka Rzakiewicza do dalszych procedur związanych z nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych.

