

Warszawa, 21 stycznia 2024 r.

Prof. dr hab. Włodzimierz Jastrzębski
Instytut Fizyki PAN

Recenzja dorobku naukowego dra inż. Przemysława Głowackiego i ocena osiągnięcia naukowego p.t. „Badania struktury elektronowej wybranych pierwiastków pod kątem zastosowań w zegarach optycznych” w związku z postępowaniem habilitacyjnym

Przebieg kariery naukowej oraz działań naukowo-badawczych.

Pan dr inż Przemysław Głowacki ukończył studia (2004) a następnie obronił pracę doktorską (2009) na Wydziale Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej. Jest zatrudniony na Politechnice Poznańskiej od 2009 roku, ostatnio na stanowisku adiunkta. Jest również zatrudniony (od 2022r.) jako ekspert na ½ etatu w Zakładzie Długości i Czasu w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie.

Tematem pracy doktorskiej wykonanej pod kierunkiem prof. Jerzego Dembczyńskiego były badania struktury nadsubtelnej wybranych pierwiastków z otwartą podpowłoką nd metodami spektroskopii laserowej w katodzie wnekowej i w strumieniu atomowym. To jest tematyka, która była sukcesywnie rozwijana przez prof. Dembczyńskiego i współpracowników w Politechnice Poznańskiej od przełomu lat '70 i '80 i była wówczas „gorącą” tematyką m.in. ze względu na rozwój wysokorozdzielczych technik w spektroskopii, metod pułapkowania jonów w pułapkach Paula. Dr. Głowacki jest – w mojej ocenie – jednym z kontynuatorów tych badań na Wydziale Fizyki Politechniki Poznańskiej. Podejmuje on jednocześnie próbę zaktualizowania i unowocześnienia tej dość tradycyjnej tematyki o elementy nawiązujące do bardziej współczesnych poszukiwań standardów częstotliwość wykorzystujących przejścia optyczne w atomach z grupy metali przejściowych. Na ten kierunek rozwoju jego badań niewątpliwie miały wpływ staże podoktorskie, które odbył w czołowych w Europie metrologicznych ośrodkach naukowych: dwuletni (2015-2017r.) staż w *Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB Braunschweig* oraz ponad półroczny (2014r.) staż w *National Physical Laboratory NPL Teddington*. Podczas pracy w zagranicznych laboratoriach uczestniczył m.in. w pionierskich projektach dotyczących budowy optycznego zegara nuklearnego z wykorzystaniem atomów i jonów toru (^{229}Th) oraz w zapoznaniu się i obsłudze kolejnej generacji wzorca częstotliwości z wykorzystaniem fontanny cezowej. Te staże naukowe przyniosły szereg bardzo dobrych i szeroko cytowanych publikacji, których dr. Głowacki jest współautorem.

Spośród podoktorskiego dorobku naukowego (liczącego 23 publikacje) dr Przemysław Głowacki wybrał cykl dziesięciu publikacji, który opatrzył tytułem „Badania struktury elektronowej wybranych pierwiastków pod kątem zastosowań w zegarach optycznych” i przedstawił jako swoje osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o habilitację. Wybór publikacji był zapewne podyktowany też tym, że Habilitant uznał, że są to najbardziej Jego własne, autorskie publikacje, wykonane w macierzystej uczelni ze współpracownikami z uczelni. To jest oczywiście bardzo cenne, ale muszą odnotować, że są to nie najlepiej cytowane prace Autora, w szczególności dość niepokojąco dla recenzenta wygląda całkowity brak cytowań obcych znacznej części publikacji cyklu habilitacyjnego (H1-H2, H4-H7, H10). Całkowity bilans cytowań obcych cyklu habilitacyjnego (89 cytowań) ratuje publikacja H9 w *Nature* (87 cytowań do 2024r.) - pomimo

tego, że wykonana w wieloautorskim (9 autorów) zespole zagranicznym to oświadczenia Autora i współautorów wskazują na istotny udział dra Głowackiego w jej powstaniu.

Ocena osiągnięcia naukowego

Na cykl habilitacyjny składa się 10 publikacji H1 - H10, które ukazały się w latach 2011-2022. W większości zostały opublikowane w dobrych i bardzo dobrych czasopiśmie (m.in. 5 artykułów w cenionym w dziedzinie *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*) a jedna (H9) w *Nature*.

W pierwszej z prac, H1, badania struktury nadsubtelnej (hfs) chromu Autor wykorzystał m.in. do optymalizacji mocy mikrofal tak aby zapewnić dobry stosunek sygnału do szumu przy jednoczesnym małym poszerzeniu od mocy. Jest to istotne w dalszych badaniach metodami podwójnego rezonansu optyczno-mikrofalowego, w których precyzja wyznaczenia energii przejść może być ograniczana przez poszerzenie od mocy.

W pracach H2-H3 oraz H5-H6 i H8 Habilitant przedstawił wyniki eksperymentalnych badań struktury hfs odpowiednio dla atomów chromu (Cr) i Manganu (Mn). Pozwoliły one na identyfikację ponad 100 linii atomowych i wyznaczenie stałych hfs. W większości, zwłaszcza dla Mn, były to nowe, nieopisane w literaturze przejścia. W pozostałych przypadkach znacznie poprawiono dokładność wyznaczenia energii znanych z literatury przejść. Zaliczyłbym te prace do tematyki tradycyjnie i od lat uprawianej w Politechnice Poznańskiej.

Z kolei w pracach H4 i H7 poddano wyżej wymienione wyniki eksperymentalne semi-empirycznej analizie pozwalającej na wyznaczenie szeregu parametrów, niemierzonych bezpośrednio w doświadczeniach takich jak radialne funkcje falowe, moce oscylatorów i czasy życia. Takie metody numeryczne – czasem określane jako rozwiązujące tzw. odwrotne zagadnienie spektroskopowe – były od lat rozwijane w Poznaniu (przez dra hab. J. Ruczkowskiego i dr hab. M. Elantowską), są nieźle przetestowane i uwiarygodnione poprzednimi publikacjami zespołu poznańskiego. W pracach H4, H7 pozwoliły dr. Głowackiemu na wyznaczenie szeregu parametrów niemierzonych w Jego doświadczeniach a kluczowych do oceny przydatności wybranych przejść w celu zastosowania we wzorcach częstości. Niewątpliwie tym pracami Habilitant chciał tchnąć nowego ducha w trochę niszową tematykę uprawianą w macierzystej uczelni. Oceniam to bardzo pozytywnie. Te prace też posłużyły dr. Głowackiemu do tematycznego „sklejenia” z kolejnymi publikacjami cyklu habilitacyjnego, w szczególności z H9. Doceniając ciekawy i oryginalny pomysł z prac H4 i H7 chciałbym jednak go skomentować, odrobinę sceptycznie. Habilitant wytypował kilka przejść w Cr i Mn, których parametry są obiecujące, nawet rewelacyjne dla zastosowań we wzorcach. Tu mam na myśli współczynnik dobroci przejścia ($Q \sim 10^{20}$) i szerokość spektralną przejścia (\sim nHz). To są jednak parametry oceniane na podstawie analiz semi-empirycznych, nawet zbliżone parametry tych przejść nie były obserwowane doświadczalnie. Poza tym to nie są jedyne parametry, które decydują o użyteczności przejścia do celów wzorcowych. Ważna jest odporność na zakłócenia (np. zewnętrzne pola magnetyczne i elektryczne, promieniowanie ciała czarnego), dostępność laserów o odpowiednich długościach fali oraz rozwinięte metody ograniczania ruchu atomów (chłodzenie, pułapkowanie). Te ostatnie w przypadku Mn nie były raportowane w literaturze. Dochodzi też czynnik „marketingowy”. Aby przejście atomowe znalazło się w grupie rozważanych jako standard częstości prace badawcze nad nim muszą być prowadzone w kilku, kilkunastu laboratoriach na świecie – to pozwala na niezależną ocenę niedokładności, eliminację błędów systematycznych w różnych układach pomiarowych. Pewnie takie przejście powinno mieć też jakąś cechę unikatową w stosunku do obecnych, jak np. czułość na zmiany stałej struktury nadsubtelnej. Proces „wylansowania” takiego nowego przejścia w środowisku jest długotrwały, a mamy przecież już kilka

(kilkanaście) preferowanych wtórnych wzorców (np. Sr, Hg, Yb, Ca, ..., jony Al^+ , In^+ ..). Pewnie jest jakaś szansa i dla atomów Cr i Mn zważywszy na kontakty dra Głowackiego z laboratoriami metrologicznymi aczkolwiek słaby oddźwięk na publikacje H4 i H7 nie jest najlepszą prognozą. Inna sprawa, że ten mały oddźwięk może być wynikiem tego, że są to dość świeże publikacje (2022r.).

Niewątpliwie najbardziej nowatorskie są badania przedstawione w publikacji H9 (najlepiej cytowanej z cyklu prac, opublikowanej w *Nature*) wykonane z udziałem Habilitanta podczas jego stażu w PTB w Brunszwiku. Dotyczą badań niskoenergetycznych przejść między stanem podstawowym a stanem izomerowym w jądrze izotopu ^{229}Th , co w perspektywie ma na celu stworzenie optycznego nuklearnego wzorca częstotliwości. Są to najbardziej spektakularne badania, w których uczestniczył dr Głowacki, a zbudowanie w przyszłości optycznego zegara jądrowego oznaczałoby skokowy postęp w metrologii czasu.

Związek pracy H10 z pozostałymi pracami cyklu habilitacyjnego jest moim zdaniem dość słaby. W publikacji opisano własności optyczne jonów lantanowców (Eu^{3+} , Tb^{3+}) na amorficznych powierzchniach krystalicznych oraz technikę ich osadzania z roztworów. To nawiązuje do publikacji E. Peika z 2025r (współautora H10) dotyczącej charakteryzacji optycznej jonów Th osadzanych na powierzchniach, co jak rozumiem jest właśnie sugerowanym przez dra Głowackiego nawiązaniem do tematyki z pracy H9. Moim zdaniem słabym. Te wcześniejsze eksperymenty z Th nie przyniosły oczekiwanych rezultatów stąd pomysł Habilitanta aby je wykonać najpierw dla atomów Eu i Tb, bardziej wydajnych optycznie i w łatwiejszym obszarze spektralnym a nabyte w ten sposób doświadczenia spróbować ponownie wykorzystać z Th. To jest dość niebezpośredni związek z pracami cyklu habilitacyjnego. Natomiast niektóre z wyników tej pracy są niewątpliwie interesujące i mogą w przyszłości znaleźć inne zastosowania np. w detekcji nanogramowych próbek różnych substancji. Być może też do wykorzystania w zegarach nuklearnych.

Podsumowując można uznać spójność cyklu publikacji za akceptowalną. Przedstawione przez Habilitanta wyniki stanowią trwały wkład w wiedzę o budowie podstawowych składników materii i w mojej ocenie są ponadczasowym uzupełnieniem baz danych, ponieważ czas życia w literaturze takich dobrze udokumentowanych danych pomiarowych jest bardzo długi. Publikacje cyklu habilitacyjnego uzupełnione są materiałami uzupełniającymi (*Supplementary Materials*) zawierającymi szczegółowe dane eksperymentalne i z pewnością przyszłe badania, w których będą one potrzebne będą się odwoływać do wyników dra Głowackiego.

Dlatego też uważam, że osiągnięcie habilitacyjne, jakim jest cykl 10 publikacji wnosi trwały wkład w dziedzinę, tym samym spełnia wymagania Ustawy, jak również zwyczajowe. W 7 publikacjach cyklu habilitacyjnego dr Głowacki jest pierwszym autorem, w 8 autorem korespondencyjnym, sumaryczny IF wynosi 64.6, a oświadczenia współautorów świadczą, że ma on prawo przedstawić te prace jako swoje osiągnięcie habilitacyjne.

Ocena pozostałego dorobku naukowego i dydaktycznego

Poza 10 artykułami składającymi się na osiągnięcie habilitacyjne, dr Głowacki jest współautorem 16 recenzowanych publikacji (w tym 13 po doktoracie) w wysoko notowanych w dziedzinie czasopiśmiech. Prace te dotyczą szerokiego spectrum zagadnień spektroskopowych, głównie związanych z badaniami struktury poziomów energetycznych metali przejściowych ale również cezowego standardu częstotliwości. Całkowita liczba cytowań tych prac wynosi 213 w tym 185 cytowań obcych, sumaryczny impact factor ok. 98.6 a indeks Hirscha 8.

Takie parametry bibliometryczne wg. mojej wiedzy są dobre i spełniają standardy habilitacyjne.

Poza publikacjami cyklu habilitacyjnego dr Głowacki jest autorem 16 publikacji, co oznacza, że ustawowy warunek posiadania „drugiego osiągnięcia naukowego” jest spełniony.

Dr Głowacki też aktywnym uczestnikiem międzynarodowych konferencji i warsztatów naukowych: w sumie ok. 18 prezentacji przedstawianych osobiście.

Ponadto dr Głowacki pracował w innych ośrodkach naukowych odbywając długoterminowe staże podoktorskie, w sumie ok. 5 lat. Warto też zauważyć, że w PTB w Brunszwiku obył kilka krótkoterminowych staży poprzedzających ten najdłuższy (2015-2017), co świadczy, że jest cenionym, chętnie zapraszany do współpracy naukowcem w tej bardzo renomowanej instytucji naukowej. Podczas tych staży był wykonawcą w projektach europejskich m.in. w ramach programu *Horizon 2020*. W Polsce w 2019 - 2020r. realizował jako kierownik projekt w ramach konkursu Miniatura 3.

Jako pracownik Politechniki Poznańskiej prowadził kilkanaście kursowych zajęć ze studentami, wygłosił 7 wykładów seminaryjnych oraz 7 wykładów popularnych (w tym wywiadów radiowych) przybliżających tematykę metrologiczną. Przed kilkoma laty miałem okazję wysłuchać referatu dra Głowackiego na Seminarium Optycznym w Warszawie i mogę stwierdzić, że był to bardzo interesujący i profesjonalny wykład.

Z autoreferatu wynika, że dr Głowacki jest również zatrudniony jako ekspert w GUM, co jak się domyślam ma związek z jego doświadczeniem w pracy z cezowymi wzorcami częstotliwości, które nabył podczas stażu w *NPL* w *Teddington* i obecnie wykorzystuje w pracy z polskimi zegarami atomowymi wykorzystującym cezowe fontanny atomowe.

Podsumowując, moja ocena osiągnięcia habilitacyjnego oraz innych osiągnięć naukowych, które nie weszły w skład cyklu habilitacyjnego oraz dorobku dydaktycznego Habilitanta jest pozytywna. Uważam wystąpienie dra Przemysława Głowackiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego za uzasadnione osiągnięciami naukowymi i spełniające wymagania ustawowe, w związku z czym wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne UMK o nadanie dr. Przemysławowi Głowackiemu stopnia doktora habilitowanego.

