

RECENZJA W SPRAWIE POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO

DR. INŻ. WOJCIECHA WRÓBLA

1. Uwagi ogólne

Dr inż. Wojciech Wróbel urodził się 19 listopada 1976 r. W 2000 r. ukończył studia na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej, uzyskując stopień magistra inż. nauk fizycznych w zakresie fizyki technicznej. Następnie w 2004 r. uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Promotorem pracy doktorskiej pt. „Strukturalne i elektryczne właściwości związków układu $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-V}_2\text{O}_5\text{-ZrO}_2$ ” był prof. dr hab. Franciszek Krok z Wydziału Fizyki PW. Zarówno praca magisterska, jak i doktorska zostały wyróżnione: praca magisterska uzyskała Stypendium FIATA, a praca doktorska - Nagrodę JM Rektora Politechniki Warszawskiej. Dr Wróbel ma na koncie jeszcze nagrody zespołowe, w tym: Nagrodę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (w 2006 r.) za współautorski cykl publikacji naukowych oraz 3 Nagrody JM Rektora za działalność naukową (2009, 2011 i 2013 r.). Uzyskał także Stypendium Wyjazdowe Centrum Studiów Zaawansowanych w 2013 r. (załącznik 2, str. 32)

W 2005 r. dr inż. Wojciech Wróbel został zatrudniony na Wydziale Fizyki PW na stanowisku adiunkta. W trakcie swojej pracy naukowej na Wydziale odbył ponad dwuletni staż naukowy (listopad 2005-luty 2008) na Uniwersytecie w Münster w Niemczech w grupie prof. Klausa Funke, oraz szereg krótszych stażów (od 3 tygodni do 2 miesięcy) w ośrodkach naukowych we Francji (Lille), Wlk. Brytanii (Londyn) i Niemczech (Münster). Ponadto kilkakrotnie uczestniczył w kilkudniowych sesjach pomiarowych (rozpraszanie neutronów) w Rutherford Appleton Laboratory w Didcot w Wlk. Brytanii.

W ciągu całego okresu swojej pracy na Wydziale Fizyki PW był bardzo aktywny naukowo. Był współautorem 37 artykułów naukowych, wszystkie w recenzowanych czasopismach naukowych z bazy JCR (Journal Citation Reports). Artykuły te były cytowane 286 razy (225 bez autocytowań). Aktualny indeks Hirscha dorobku publikacyjnego habilitanta wynosi $h=10$ (Web of Science, luty 2015).

O dużej i stałej aktywności naukowej habilitanta świadczy fakt znacznego powiększenia dorobku publikacyjnego po uzyskaniu stopnia doktora: 10 artykułów przed doktoratem a 27 po doktoracie. Dr Wróbel brał udział w 17 konferencjach naukowych: międzynarodowych (13) i krajowych (4), gdzie przedstawił 38 prac: 5 w formie referatów oraz 33 w postaci plakatów (por. Załącznik 5). Uczestniczył (lub nadal uczestniczy) w 5 projektach badawczych, w tym: w 2 projektach NCN (w jednym jako kierownik), w jednym grantie NCBiR w ramach współpracy polsko-tajwańskiej (aktualnie realizowanym) oraz w jednym grantie promotorskim KBN i jednym grantie dziekańskim.

Habilitant ma też ważne osiągnięcia dydaktyczne: do prowadzonego przez siebie dwusemestralnego wykładu z „Podstaw Fizyki” na Wydziale SiMR Politechniki Warszawskiej opracował i wydał, wraz z dr inż. M. Marzantowiczem, dwutomowy skrypt pt. „Podstawy Fizyki”. Był lub jest opiekunem 2 prac magisterskich i 8 prac inżynierskich na Wydziale Fizyki PW.

Aktualnie dr inż. Wojciech Wróbel pełni funkcję opiekuna pomocniczego w jednym przewodzie doktorskim, będącym w końcowym stadium realizacji (por. Załącznik 6, str.1).

W trakcie swojej pracy Habilitant wykazywał dużą aktywność i skuteczność w działaniach organizacyjnych na Wydziale Fizyki PW. Pełnił (lub nadal pełni) szereg funkcji, takich jak: członek Rady Wydziału Fizyki PW (od 2012 r.), członek Wydziałowej Komisji Dydaktycznej (od 2012 r.), opiekun Pierwszego Roku (w latach 2008-2011 i ponownie od 2012 r.) oraz pełnomocnik Dziekana Wydziału Fizyki PW ds. współpracy międzynarodowej (od 2008 r.).

Był również bardzo aktywnym członkiem Komitetu Organizacyjnego wielkiej (ok. 650 uczestników) międzynarodowej konferencji naukowej: 18th International Conference on Solid State Ionics (SSI-18), Warszawa 3-8 lipca 2011 r., zorganizowanej przez zespół z Zakładu Joniki Ciała Stałego Wydziału Fizyki PW we współpracy z Wydziałem Chemicznym PW. Oprócz innych zadań w ramach komitetu organizacyjnego, był współodpowiedzialny za trzy wydarzenia towarzyszące ww. konferencji: i) warsztaty dla młodych naukowców, ii) panel dyskusyjny „Samochody elektryczne – pojazdy jutra” z udziałem ówczesnego wicepremiera i ministra gospodarki Waldemara Pawlaka i licznych przedstawicieli międzynarodowego i krajowego środowiska naukowego oraz iii) wystawę samochodów elektrycznych w Gmachu Głównym i na terenie Politechniki Warszawskiej.

Dr Wróbel ma duże doświadczenie w realizowaniu zadań badawczych we współpracy z grupami badawczymi spoza uczelni. Wśród tych kontaktów można wymienić ośrodki zagraniczne: Uniwersytet w Münster, Queen Mary University of London czy National Cheng Kung University, Tainan (Tajwan) oraz krajowe: Instytut Chemii Fizycznej PAN i Instytut Energetyki w Warszawie. (por. Załącznik 6)

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Wojciech Wróbel jako osiągnięcie naukowe przedstawił ciąg 10 artykułów naukowych powiązanych tematycznie pt. „Badanie wpływu lokalnego otoczenia kationów na transport jonowy w związkach zawierających tlenek bizmutu”. Wszystkie te prace zostały opublikowane w latach 2006-2015 w międzynarodowych czasopismach recenzowanych indeksowanych w bazie JCR (Journal Citation Reports). Są to publikacje współautorskie, jak to zwykle bywa w przypadku badań o charakterze głównie eksperymentalnym, wymagających korzystania z zaawansowanych technik pomiarowych, dostępnych w nielicznych ośrodkach badawczych. Habilitant w spisie cyklu tych publikacji (Załącznik 2, punkt. 1.1) wyraźnie określił swoją rolę i ocenił swój procentowy wkład do każdej z prac, wynoszący od 20% [poz. H1] do 40% [H4,H9,H10] i 45% [H5,H6,H8]. Oświadczenia wszystkich współautorów wszystkich artykułów wchodzących w skład cyklu publikacji, będącego przedmiotem osiągnięcia naukowego (Załącznik 4), są spójne z deklaracjami podanymi przez Habilitanta (Załącznik 2, punkt 1.1) i sygnalizują jego istotną lub wiodącą rolę w badaniach przedstawionych w poszczególnych artykułach.

Motywnym przewodnim cyklu publikacji dr. Wróbla było otrzymanie nowych przewodników jonów tlenu opartych na tlenku bizmutu domieszkowanym tlenkami wybranych metali. zbadanie ich lokalnej struktury, w tym lokalnego otoczenia kationów oraz próba wyjaśnienia związków między lokalną strukturą a mechanizmami transportu jonowego. Szczególną wagę w tym kontekście mają badania i analizy dotyczące struktury defektowej tych materiałów. Badania strukturalne były prowadzone metodą dyfraktometrii rentgenowskiej na Wydziale Fizyki PW oraz dyfraktometrii neutronowej w Rutherford Appleton Laboratory w Wlk. Brytanii. Pomiary rozpraszania neutronów przyniosły bardzo wiele informacji na temat stanu obsadzenia poszczególnych typów położeń tlenowych (8c, 32f i 48i) w badanych strukturach oraz na temat występowania lub nie występowania nadstruktur defektowych. Bardzo wnikliwie analizy dyfraktogramów neutronowych, z użyciem metod Rietvelde oraz Reverse

Monte Carlo (RMC) pozwoliły skonstruować modele lokalnej struktury wokół poszczególnych kationów metali występujących w stabilizowanych związkach. To z kolei umożliwiło zaproponowanie mikroskopowych modeli transportu jonów tlenu. Ostatnie prace z cyklu [H9,H10] dotyczą komputerowego modelowania *ab initio* badanych struktur.

Habilitant w swoich badaniach skupił się na rodzinach związków na bazie tlenku bizmutu „domieszkowanego”, w szerokim tego słowa znaczeniu, tlenkami niobu oraz itru, a także erbu, wolframu, cyrkonu czy ołowiu. Osiągnięciem wczesnej fazy badań (praca [H1]) było wykazanie, że temperaturowy zakres stabilności fazy fluorytu można rozszerzyć nawet do temperatury pokojowej, podstawiając w związku Bi_3NbO_7 , będącym analogiem $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$, kationy niobu kationami itru, o innej wartościowości. W pracy tej wykazano, że w układzie podwójnym $\text{Bi}_3\text{NbO}_7\text{-Bi}_3\text{YO}_6$ jest możliwe nawet całkowite zastąpienie Nb^{5+} przez Y^{6+} , bez zmiany wyjściowej struktury fluorytu. Takie podstawienie prowadzi jednak do znacznych zmian w koncentracji wakansji tlenowych oraz do modyfikacji stanu uporządkowania podsięci defektowej. W pracy [H1] zaproponowano model struktury defektowej, uwzględniający stan obsadzenia pozycji tlenowych 8c, 32f i 48i w komórce elementarnej. Zaproponowano także ścieżki transportu jonów tlenu.

Kolejnym oryginalnym osiągnięciem dr. Wróbla było wykazanie, w pracach [H1, H2], że warunki transportu jonowego w materiałach domieszkowanych itrem i erbem, zależą od nadstruktury defektowej. W pracach [H3,H4] habilitant potwierdził, w przypadku użycia domieszki wolframu (W^{6+}), że przyjmowanie oba jony metali mają koordynację sześciokrotną, co skutkuje „uwięzieniem” luk tlenowych w pobliżu tych kationów i prowadzi do spadku przewodności jonowej materiału.

Na wyróżnienie zasługują również zaproponowane, na podstawie badań analizy dyfraktogramów neutronowych, modele lokalnego otoczenia kationów metali w związkach $\text{Bi}_3\text{Nb}_{0.80}\text{O}_{7.1}$ [H4] oraz w $\text{Bi}_3\text{Nb}_{0.6}\text{Zr}_{0.4}\text{O}_{6.8}$ [H5].

W pracy [H6] Habilitant skoncentrował się na badaniach stabilności termicznej, a w szczególności efektów starzeniowych w związkach domieszkowanych niobem i itrem. Z analizy dyfraktogramów neutronowych próbek tych związków wygrzewanych przez bardzo długi czas w wysokiej temperaturze (550 h w 500 °C i 430 h w 410 oc!) w temperaturze , wykazano stosując metodę Rietvela, że ten proces prowadził do redystrybucji w podsięci

tlenowej – w szczególności jony tlenu z położeń 8c przeszły do pozycji 32f. Ta tendencja jest słabsza w niższej temperaturze (410 °C) a silniejsza w wyższej (500°C).

Ważnym osiągnięciem Dr. Wróbla było wykazanie, na szeregu przykładów, że stan obsadzenia poszczególnych pozycji (8c, 32f i 48i) przez jony tlenu zależy od użytych domieszek. W przypadku serii związków domieszkowanych ołowiem o sumarycznym składzie $\text{Bi}_{2.5+x}\text{Pb}_{0.5}\text{YO}_{5.75+3x/2}$ wykazano (m.in. przy użyciu metod XRD, TGA i XPS), że obserwowana w zakresie temperatury 400-600°C korelacja między zmianami masy a rozmiarami komórki elementarnej jest efektem zmian stanu utlenienia kationów w związkach tej serii [H8].

We wcześniejszych pracach [H1-H5] strukturę defektową określano z pomiarów rozpraszania neutronów na podstawie refleksów braggowskich i analizy Rietvelda. W pracy [H7] uwzględniono także rozproszenia niskokątowe, i za pomocą metody *total scattering*, przez użycie odpowiednich transformacji, wyznaczono funkcję dystrybucji par (PDF – *Pair Distribution Function*). W tym podejściu zastosowano algorytm RMC. Pozwoliło to na komplementarne wyznaczenie takich parametrów lokalnej struktury jak średnia liczba koordynacyjna i średnia odległość między sąsiednimi atomami (np. Bi-O czy Yb-O). Umożliwiło też zapostulowanie modelu lokalnego otoczenia kationów metali. W wyniku tej analizy stwierdzono m.in., że w przypadku związku Bi_3YbO_6 występuje uporządkowanie wakansji tlenowych w kierunku [100].

Ostatnie prace recenzowanego cyklu [H9,H10] koncentrują się na modelowaniu struktury defektowej w podsieci tlenowej wybranego związku (Bi_3YbO_6) w temperaturze 800°C metodami *ab initio* z wykorzystaniem funkcjonału gęstości elektronowej (DFT). Najważniejsze osiągnięcia tego etapu badań, to stwierdzenie, że obsadzenie danej pozycji tlenowej jest większe, jeśli w jej najbliższym otoczeniu jest jon itru, a niższe gdy otaczają ją wyłącznie jony bizmutu. Wykazano dodatkowo, że średni czas rezydencji tlenu w położeniu w pobliżu jonu itru jest dłuższy niż w położeniu otoczonym jedynie przez jony bizmutu. Można to interpretować jako wskazówkę, że jony itru stanowią „centra pułapkowania” dla tlenu i że, w związku z tym, domieszkowanie itrem prowadzi do obniżenia przewodności.

Podsumowując tę część, chciałbym stwierdzić, że przedstawione przez habilitanta osiągnięcie naukowe, jest jego cennym, oryginalnym i dobrze udokumentowanym wkładem do wiedzy na temat lokalnej struktury w domieszkowanych przewodnikach jonów tlenu opartych na tlenku bizmutu.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Spośród 37 artykułów opublikowanych habilitant przedstawił 10 jako swoje osiągnięcie naukowe (omówione w punkcie 2). Pozostałe 27 publikacji (poz. 1-13,18-22, 25-30, 35-37) dotyczy w większości także badań przewodników jonu tlenu opartych na domieszkowanych pochodnych tlenku bizmutu. Były to publikacje m.in. w takich uznanych czasopismach jak: *J.Mater.Chem.*, *Chemistry of Materials*, *Solid State Ionics*, *Physica Scripta*, *Physical Chemistry.Chemical Physics*, *J.Phys:Cond.Matter* czy *J.Power Sources*, indeksowanych w bazie JCR. W tych badaniach koncentrowano się a syntezie nowych związków, charakteryzacji ich struktury , w tym struktury defektowej podsięci tlenowej oraz właściwości elektrycznych. W wielu z tych prac wykorzystywano badania neutronograficzne (w ośrodku RAL, w Wlk. Brytanii), a prace były prowadzone w kooperacji międzynarodowej. Oprócz swojego głównego nurtu badań, dr Wróbel zajmował się, podczas swojego długiego stażu naukowego na Uniwersytecie Münster, w Niemczech, niezwykle ciekawymi zagadnieniami korelacji między procesami relaksacji elektrycznej i mechanicznej, w szerokim zakresie częstotliwości (od mHz do MHz). Wykonał unikalne stanowisko badawcze a następnie przeprowadził badania reologiczne i elektryczne cieczy jonowej [BMIm]BF₄. Wyniki tych badań zostały opublikowane w artykułach [15-17] potwierdziły przewidywania rozwijanej przez prof. Klaus Funke teorii przewodnictwa jonowego, noszącej nazwę MIGRATION.

Dr Wróbel brał i bierze aktywny udział w pracach nad pomiarami liczb przenoszenia w przewodnikach elektrycznych, w których może pojawiać się zarówno składowa jonowa jak i elektronowa. Wyniki pomiarów liczb przenoszenia zostały zawarte w publikacjach [18-22].

Podsumowując tę część recenzji, uważam, że dotychczasowa aktywność naukowa dr. Wróbla potwierdza jego predyspozycje do pracy naukowej, jego dojrzałość, oraz umiejętność twórczej pracy zarówno samodzielnej, jak i w różnych, także międzynarodowych, grupach badawczych.

4. Podsumowanie

Nie mam żadnych wątpliwości, że zarówno udokumentowane osiągnięcia naukowe, jak i aktywność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna dr. Wojciecha Wróbla dowodzą, że jest on w pełni ukształtowanym, dojrzałym, twórczym i samodzielnym pracownikiem naukowym.

Jego przedstawiony do recenzji dorobek naukowy – cykl 10 publikacji powiązanych tematycznie pt. „Badanie wpływu lokalnego otoczenia kationów na transport jonowy w związkach zawierających tlenek bizmutu” jest dobrze udokumentowany, opublikowany w uznanych czasopismach międzynarodowych. Habilitant ma już ugruntowaną pozycję w międzynarodowym środowisku naukowym, na co wskazują parametry powszechnie wykorzystywane do oceny pracy naukowej takie jak. m.in: liczba dotychczasowych publikacji 37, w tym 27 po doktoracie, liczba cytowań 286 (225 bez autocytowań) czy wartość indeksu Hirscha $h=10$.

W moim przekonaniu przedstawione osiągnięcie naukowe oraz dotychczasowy dorobek habilitanta spełniają w stopniu wyróżniającym wszystkie warunki wymagane do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka. Dlatego wnoszę o kontynuowanie procedury habilitacyjnej w dr. Wojciecha Wróbla.



