



Prof. dr hab. Paweł J. Kulesza
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego
ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa
Tel: (22) 8220211 wew. 218 lub 289
Faks: (22) 8225996
E-mail: pkulesza@chem.uw.edu.pl

30 kwietnia 2015 r.

**RECENZJA OSIĄGNIĘCIA HABILITACYJNEGO, AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ
ORAZ DOROBKU NAUKOWO-DYDAKTYCZNEGO PANA DR INŻ. WOJCIECHA
WRÓBLA W ZWIĄZKU Z POSTĘPOWANIEM O NADANIE STOPNIA DOKTORA
HABILITOWANEGO NAUK FIZYCZNYCH**

Pan dr inż. Wojciech Wróbel ukończył studia wyższe uzyskując dyplom magistra inżyniera w zakresie fizyki technicznej na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej w 2000 roku. Pracę magisterską dotyczącą strukturalnych i elektrycznych właściwości związków układu $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-V}_2\text{O}_5\text{-ZrO}_2$ wykonał pod kierownictwem Pand prof. dr hab. Franciszka Kroka. Następnie Pan Wojciech Wróbel podjął studia doktoranckie w Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej i prowadził badania naukowe dotyczące projektowania, przygotowania i charakteryzowania nowych przewodników jonowych tlenu (określanych skrótem BIMEVOX) otrzymanych w wyniku podstawienia atomów wanadu w związku $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ atomami innych metali. W 2004 roku obronił pracę doktorską, której promotorem był Pan prof. dr hab. Franciszek Krok. Potem został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Joniki Ciała Stałego Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej. W latach 2006-2007 przebywał na podoktorskim stażu naukowym w Instytucie Chemii Fizycznej Uniwersytetu Muenster w Niemczech w zespole prof. Kalusa Funkie prowadząc badania mechanizmów transportu jonowego w materiałach o nieuporządkowanej strukturze, a w szczególności badania zależności pomiędzy właściwościami elektrycznymi (impedancyjnymi) i reologicznymi (oscylacyjnymi) stopionych soli oraz cieczy jonowych. Z ówczesnych jego prac nad przewodnictwem jonowym tych układów jednoznacznie wynika, że przemieszczenia jonów odbywające się pod wpływem zarówno zewnętrznego pola elektrycznego jak i naprężenia ścinającego wymagają pewnych zmian położeń (atomów, jonów) w otoczeniu sąsiadującym dostosowującym się do nowej konfiguracji. Po powrocie do kraju na Politechnikę Warszawską rozwija badania w zakresie mechanizmów transportu jonowego wykorzystując ceramiczne przewodniki jonowe uzyskiwane poprzez domieszkowanie tlenu bizmutu różnorodnymi tlenkami innych

metali. W swoich pracach odwołuje się również do modelowania komputerowego obok zastosowania zaawansowanych technik eksperymentalnych takich jak spektroskopia impedancyjna czy metody analizy termicznej (DTA, TGA), dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego i neutronów.

Przesłane mi do recenzji dokumenty habilitacyjne obejmują osiągnięcie naukowe pod tytułem „Badanie wpływu lokalnego otoczenia kationów na transport jonowy w związkach zawierających tlenek bizmutu” stanowiące cykl dziesięciu publikacji mających charakter opracowań wieloautorskich, w których Pan dr inż. W. Wróbel wydaje się mieć dominujący wkład koncepcyjny (w trzech pracach habilitant jest autorem korespondencyjnym). Powyższe osiągnięcie naukowe jest oparte na wynikach badań własnych opublikowanych w różnych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, w tym w takich znanych czasopismach jak *Solid State Ionics* (7 prac), *Journal of Solid State Electrochemistry* (1 praca), *Journal of Power Sources* (1 praca) oraz w *Journal of Physics: Condensed Matter* (1 praca). Wymieniony cykl publikacji stanowią główny dorobek Autora w zakresie rozprawy habilitacyjnej. Pan dr inż. Wojciech Wróbel odwołuje się również do osiągnięć i wyników badań własnych zawartych w swoich innych 22 pracach opublikowanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports*.

Tematyka osiągnięcia habilitacyjnego Pana dr inż. W. Wróbla dotyczy ciekawej i ważnej problematyki z pogranicza fizyki, wysokotemperaturowej elektrochemii materiałów nieorganicznych i inżynierii materiałowej – joniki ciała stałego - a konkretnie badań fizycznych materiałów powstałych w wyniku domieszkowania tlenu bizmutu wybranymi tlenkami innych metali na poziomie kilkudziesięcioprocentowym, ale przy zachowaniu pierwotnej struktury krystalograficznej. Celem tych badań była nie tylko synteza nowych przewodników jonowych tlenu w wysokich (powyżej 700°C) i pośrednich temperaturach (500-700°C), ale także dążenie do lepszego zrozumienia wpływu obecności domieszkujących kationów metali, w tym ich wartościowości, stężenia, rodzaju struktury koordynacyjnej oraz defektów przestrzennych na ich właściwości fizyczne, w tym na przewodność jonów tlenu. Obok aspektu poznawczego, potencjalnym celem aplikacyjnym było poszukiwanie polikrystalicznych elektrolitów o optymalnych parametrach przewodnictwa jonów tlenu do zastosowań w takich technologiach jak wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe, czujniki ciśnień parcjalnych gazów czy pompy tlenowe. Zastosowanie przez Pana W. Wróbla wielu

uzupełniających się metod pomiarowych (a zwłaszcza techniki dyfrakcji neutronów pozwalającej uzyskać duże przekroje czynne rozpraszania neutronów dla atomów tlenu) oraz metod analizy danych eksperymentalnych pozwoliło na precyzyjny opis zmian strukturalnych w podsieci tlenowej badanych związków pod wpływem zmian w domieszkowaniu i temperaturze. Należy podkreślić, że analiza zmian struktury defektowej badanych materiałów, może być wykorzystana do wyjaśnienia ich niestabilności w temperaturach pośrednich (500–700°C). Podjęcie przez Pana dr inż. Wróbla konsekwentnych badań zmierzających do pełniejszego wyjaśnienia mechanizmów transportu jonowego oraz tworzenia się defektów w związkach o strukturze regularnej otrzymanych poprzez domieszkowanie tlenku bizmutu uważam za zadanie o istotnym znaczeniu zarówno poznawczym jak i potencjalnie praktycznym. Działalność naukowa Habilitanta stanowi kontynuację wcześniejszych badań prowadzonych w zespole kierowanym przez prof. dr hab. Franciszka Kroka, który wniósł ogromny wkład w skali międzynarodowej w rozwój fizyki krystalicznych przewodników superjonowych, w tym badań właściwości elektrycznych oraz ich korelacji ze składem i strukturą krystaliczną.

Główne osiągnięcia Habilitanta oraz wyniki badawcze przedstawione w jednotematycznym cyklu publikacji stanowiącym osiągnięcie naukowe podsumowałbym następująco:

- (1) stwierdzenie regularnej struktury typu fluorytu dla tlenków typu $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_{7-x}$ (czyli takich, w których zastąpiono jony niobu w Bi_3NbO_7 trójwartościowymi jonami itru) oraz wpływu występowania uporządkowanych luk tlenowych (lub jego braku) na wartości przewodnictwa jonowego;
- (2) podjęcie badań zmierzających do wyznaczenia struktur defektowych badanych materiałów (decydujących o otoczeniu koordynacyjnym kationów) na podstawie pomiarów dyfrakcji neutronów oraz określenie wpływu struktury defektowej na przewodnictwo jonowe;
- (3) zaproponowanie (na podstawie badań impedancyjnych i dyfrakcji neutronów) modelu przeskoków jonowych dla układów zawierających tlenek bizmutu oraz stwierdzenie korelacja pomiędzy zmianami w strukturze położenia tlenowych a zmianami energii aktywacji w zależności od temperatury.
- (4) zaproponowanie uśrednionych modeli struktur krystalicznych oraz wyznaczenie typowych koordynacji poszczególnych typów kationów oraz wyznaczenie dla

- wybranych związków (przykładowo $\text{Bi}_3\text{Nb}_{0.8}\text{W}_{0.2}\text{O}_{7.1}$) średniej zawartości tlenu w komórce elementarnej (7.1) oraz określenie tlenowej struktury koordynacyjnej (sześciokrotnej oktaedrycznej dla wolframu i niobu);
- (5) określenie zmian w strukturze defektowej podczas długotrwałego wygrzewania w stałej temperaturze przewodników jonowych zawierających tlenek bizmutu;
 - (6) stwierdzenie na przykładzie $\text{Bi}_{2.5+x}\text{Pb}_{0.5}\text{YO}_{5.75+3x/2}$ korelacji pomiędzy wielkością komórki elementarnej a energią aktywacji przewodnictwa jonowego;
 - (7) określenie wyróżnionego kierunku ułożenia wakancji tlenowych na podstawie modelowania struktury defektowej dla komórek konfiguracyjnych wybranych związków (przykładowo $\langle 100 \rangle$ dla Bi_3YbO_6);
 - (8) opisanie mechanizmu „pułapkowania” tlenu przez kationy itru oraz stwierdzenie wpływu właściwości fizycznych kationów domieszkujących na transport jonów tlenu.

Po zapoznaniu się z wybranymi publikacjami naukowymi składającymi się osiągnięcie naukowe Habilitanta chciałbym zwrócić uwagę na ich wysoką jakość zarówno merytoryczną jak i edytorską świadcząca o dojrzałości naukowej Pana dr inż. Wojciecha Wróbla. W moim odczuciu na szczególne wyróżnienie zasługuje praca Habilitanta opisująca korelację pomiędzy obserwowanymi zmianami masy, przewodności i stałych sieciowych komórki elementarnej układu $\text{Bi}_{2.5+x}\text{Pb}_{0.5}\text{YO}_{5.75+3x/2}$ wraz z zaawansowaną dyskusją i analizą wyników dyfrakcji rentgenowskiej (*Conductivity in lead substituted bismuth yttrate fluorites*; Solid State Ionics 254 (2014) 59, a także pozycja (*Effects of ageing on defect structure in the $\text{Bi}_3\text{NbO}_7\text{-Bi}_3\text{YO}_6$ system*; Journal of Power Sources 173 (2007) 788) dotycząca zmian zachodzących w czasie w badanych związkach.

Pan dr inż. Wojciech Wróbel uczestniczył również w licznych konferencjach naukowych międzynarodowych lub krajowych o zasięgu międzynarodowym, gdzie miał wystąpienia przede wszystkim posterowe, ale także i ustne. Ponadto Habilitant prowadził działalność dydaktyczną (wykłady, ćwiczenia audytoryjne, zajęcia laboratoryjne oraz opieka nad pracami dyplomowymi) głównie na Wydziale Fizyki oraz na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Ponadto brał czynny udział w opracowywaniu ćwiczeń laboratoryjnych oraz skryptów. Można powiedzieć, że Pan dr inż. Wróbel jest doświadczonym nauczycielem akademickim.

Z całą pewnością należy stwierdzić, iż osiągnięcia naukowe Pani dr inż. Wojciecha Wróbla są znaczące. Jednotematyczny cykl publikacji zawiera istotne elementy nowości naukowej w zakresie fizyki ciała stałego, prezentuje wyniki uzyskane różnymi metodami pomiarowymi, a uzyskane rezultaty uzupełniają się, co pozwala wyciągnąć odpowiednie wnioski. Na podstawie otrzymanych materiałów do oceny zawierających oświadczenia podpisane przez współautorów prac składających się na jednotematyczny cykl publikacji, można określić Pana dr inż. Wojciecha Wróbla jako głównego autora i wykonawcę opisywanych badań. Ponadto Habilitant zachęcił skutecznie do swojej tematyki badawczej ludzi młodych – dyplomantów i magistrantów. Do chwili obecnej wypromował ośmiu inżynierów i dwóch magistrów; jest też promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim.

W związku ze wszczętym przez Radę Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej postępowaniem o nadanie Panu dr inż. Wojciechowi Wróblowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka, chciałbym pokreślić, że w moim przekonaniu Jego jednoznaczne osiągnięcia naukowe, umiejętność zwięzłego, precyzyjnego opisu i dyskusji uzyskanych wyników oraz samodzielnego prowadzenia i projektowania badań naukowych, jak i też istotny dorobek dydaktyczny (w tym w zakresie kształcenia studentów na poziomie inżynierskim i magisterskim) spełniają wymogi stawiane przez Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym i uzasadniają wniosek o nadanie Jemu tego stopnia naukowego.



prof. dr hab. Paweł Kulesza