



**Ocena całokształtu dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej dr Mariusza Stefańskiego pt. „Analiza promienistych oraz niepromienistych procesów zachodzących w nano- i mikro- krystalicznych nieorganicznych związkach o strukturze perowskitu”**

### **Informacje ogólne oraz charakterystyka dorobku naukowego**

Pan dr Mariusz Stefański jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, gdzie w 2011 r. obronił pracę magisterską pt. „*Właściwości optyczne i struktura elektronowa jonu  $Sm^{3+}$  w monokryształe  $KSm(WO_4)_2$* ”. Następnie kariera naukowa Kandydata związana jest z Instytutem Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, gdzie w latach 2013-2018 został zatrudniony na stanowisku asystenta, a od 2018 r. do chwili obecnej na stanowisku adiunkta. W międzyczasie w roku 2018 uzyskał stopień doktora nauk chemicznych na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „*Synteza nanokrystalicznych ceranów domieszkowanych jonami lantanowców i zbadanie zjawiska zachodzenia szerokopasmowej anty-stokesowskiej białej emisji*”, która została wykonana pod kierunkiem prof. dr. hab. Wiesława Stręka w Oddziale Spektroskopii Optycznej macierzystego instytutu. W roku 2023 odbył 2 krótkoterminowe pobyty naukowe. Pierwszy w Zakładzie Fizyki Związków Molekularnych, Centrum Nauk Fizycznych i Technologii (FTMC) w Wilnie, który był związany z realizacją projektu w ramach wspólnego polsko-litewskiego projektu pt. „*Luminofory trwałe oraz perowskity jako koncentratory luminescencyjne do ogniw słonecznych*”. Drugi pobyt odbył się w Laboratorium Opto-funkcjonalnych Transparentnych Ceramiek w Instytucie Ceramiki w Szanghaju, Chińskiej Akademii Nauk. Pobyt związany był z realizacją projektu NCN SONATA 17, którego dr. Stefański jest kierownikiem.

Zgodnie z danymi zawartymi we wniosku, sumaryczny dorobek Habilitanta obejmuje 49 współautorskich, oryginalnych prac naukowych w czasopismach z listy Filadelfijskiego Instytutu Informacji Naukowej, których sumaryczny współczynnik wpływu IF wynosi ok. 226 i jeden patent. Spośród wymienionych prac, 19 artykułów zostało opublikowanych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. Wynika z tego, że dominująca aktywność dotyczy okresu podoktorskiego. Całkowity dorobek naukowy uzupełniają liczne wystąpienia na konferencjach

krajowych i międzynarodowych (10 wykładów na zaproszenie, 13 komunikatów ustnych i 27 posterów). Ogólna liczba cytowań bez autocytowań według bazy Scopus wynosi ok. 550, a indeks Hirscha 15. W trakcie swojej działalności naukowej wykonał 53 recenzje artykułów naukowych dla renomowanych czasopism specjalistycznych oraz był Edytorem wydania specjalnego w czasopiśmie *Optical Materials*: zatytułowanego „*Excited States of Transition Elements – ESTE 2023*”. Został również zaproszony do zespołu Ekspertów Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej NAWA na lata 2023-2024.

Działalność naukowa Habilitanta znalazła uznanie w postaci nagród i wyróżnień. Był Laureatem stypendium sponsorowanego przez JECS-TRUST (Europejskie Towarzystwo Ceramiczne) przeznaczonego dla młodych naukowców za dotychczasowe osiągnięcia naukowe wraz z możliwością zaprezentowania wyników swoich badań na konferencji 10th International Workshop on Advanced Ceramics (IWAC07), 2016 r. w Limoges, Francja. W 2018 r. otrzymał Medal Wrocławskiego Oddziału PAN za dotychczasowe osiągnięcia naukowe w ramach konkursu „*Iuvenes Wratislaviae*”, w 2019 r. uzyskał Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców.

Jedną z kluczowych kwestii w prowadzeniu działalności naukowej i rozwoju badacza jest umiejętność przygotowywania projektów i zdobywanie środków finansowych na ich realizację. W tej materii Habilitant ma zauważalne doświadczenie. Dotychczas był kierownikiem trzech projektów badawczych: NCN PRELUDIUM 11 realizowanego w latach 2017-2019, projektu NCN SONATA 17, który jest w trakcie realizacji oraz Grantu Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN dla młodych naukowców, edycja 2018/2019. Habilitant uczestniczył również jako wykonawca w realizacji 10 projektów badawczych.

Na uwagę zwraca szeroka współpraca Habilitanta z licznymi krajowymi i zagranicznymi zespołami badawczymi: Politechnika Wrocławska (dr hab. inż. Adam Sieradzki, prof. PWr, dr inż. Eunika Zielony); Uniwersytet Wrocławski (dr hab. Łukasz John, prof. UW r); Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing, Chiny (prof. Chong-Geng Ma); Zakład Fizyki Związków Molekularnych, Centrum Nauk Fizycznych i Technologii (FTMC), Wilno, Litwa (dr Marius Franckevičius, dr Simona Streckaitė); Laboratorium Opto-funkcjonalnych Transparentnych Ceramiek, Instytut Ceramiki w Szanghaju (SICCAS), Chiny (prof. Jiang Li); Zhejiang University, Hangzhou, Chiny (prof. Jianrong Qiu) oraz z University of São Paulo, Institute of Chemistry, São Paulo, Brazylia (dr Rodrigo V. Rodrigues).

## Opinia o przedstawionych do habilitacji publikacjach naukowych

Po doktoracie Habilitant opublikował 30 prac, z czego 9 publikacji składa się na osiągnięcie naukowe będące podstawą wystąpienia o nadanie tytułu doktora habilitowanego. Habilitant zdefiniował przedstawione osiągnięcie naukowe w następującej formie: „Analiza promienistych oraz niepromienistych procesów zachodzących w nano- i mikro- krystalicznych nieorganicznych związkach o strukturze perowskitu”, co w mojej ocenie jest dość niefortunne (*vide infra*). Prezentowane prace ukazały się w latach 2019-2023 w renomowanych czasopismach specjalistycznych, jak: *The Journal of Physical Chemistry C* (2), *Dalton Transaction* (2), *Chemical Engineering Journal* (1), *Advanced Optical Materials* (1), *Journal of Alloys and Compounds* (1), *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* (1), *Molecules* (1). Współczynnik wpływu IF tych czasopism mieści się w zakresie od 3.3 do 16.7, a sumaryczny IF wynosi ok. 56. Wszystkie publikacje stanowiące podstawę rozprawy habilitacyjnej mają charakter wieloautorski. Dr Mariusz Stefański w 7 pracach jest pierwszym autorem, jak również autorem korespondencyjnym. Dołączone do rozprawy kompletne oświadczenia współautorów tych prac wskazują na wiodącą lub współwiodącą rolę Habilitanta w formułowaniu celów badawczych, znaczącym udziale w badaniach eksperymentalnych i interpretacji otrzymanych wyników oraz w przygotowaniu publikacji. Przedstawiony cykl 9 prac jest spójny tematycznie, a charakter czasopism i zawartość merytoryczna publikacji są co najmniej na średnim poziomie rozpraw habilitacyjnych w przedmiotowej dyscyplinie naukowej. Ponadto prace te zostały szeroko omówione w polskojęzycznym autoreferacie będącym częścią dokumentacji postępowania habilitacyjnego, w którym Habilitant przedstawia zwięzłą prezentację najistotniejszych rezultatów uzyskanych w trakcie prowadzonych badań z podkreśleniem głównych osiągnięć. Po zapoznaniu się z przedłożonymi publikacjami, stwierdzam że opisane w nich wyniki badań wnoszą istotny element nowości naukowej oraz stanowią wartościowy wkład w rozwój reprezentowanej przez Habilitanta dyscypliny naukowej. Jednocześnie zauważam, że przedstawiony przez Habilitanta charakter osiągnięcia naukowego nie został właściwie określony. Za podstawę do wystąpienia o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego powinno stanowić jednoznacznie zdefiniowane osiągnięcie/osiągnięcia naukowe udokumentowane zadeklarowanym cyklem prac jednostkowych. Trudno za osiągnięcie naukowe uznać analizę promienistych oraz niepromienistych procesów zachodzących w nano- i mikro-krystalicznych nieorganicznych związkach o określonej strukturze (główny cel badań będących przedmiotem niniejszego postępowania habilitacyjnego został podobnie sformułowany w Autoreferacie). Oczekuję, że Habilitant doprecyzuje swoje osiągnięcie naukowe w trakcie spotkania z Komisją habilitacyjną.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji obejmuje badania właściwości szerokopasmowej emisji generowanej na skutek oświetlania próbki skoncentrowaną wiązką promieniowania podczerwonego oraz badania właściwości luminescencji stokesowskiej wywołanej wzbudzeniem wysokoenergetycznym w związkach o strukturze perowskitu. Badania obejmują trzy podstawowe grupy materiałów nieorganicznych: warstwowe perowskity tlenkowe typu  $AE_2BO_4$ , trójwymiarowe perowskity tlenkowe  $ABO_3$  oraz nieorganiczne perowskity metalohalogenkowe  $ABX_3$ . Przy czym dla poszczególnych typów materiałów badano ich właściwości fizykochemiczne w zależności od metody syntezy i rozmiaru ziaren, obecności różnych domieszek oraz w funkcji temperatury czy gęstości mocy wzbudzenia. Perowskity tlenkowe są bardzo atrakcyjną grupą materiałów ze względu na swoje właściwości i cieszą się dużym zainteresowaniem zarówno z punktu widzenia badań podstawowych jak i wdrożeniowych od ponad dwóch dekad. Z kolei od kilku lat materiały perowskitowe bazujące na halogenkach metali wzbudzają jeszcze większe zainteresowanie ze względu na wyjątkowe właściwości zarówno optyczne, jak i elektryczne, co czyni je doskonałą klasą materiałów o szerokim potencjalnym spektrum zastosowań optoelektronicznych. Stwierdzam, że prezentowane badania wpisują się w aktualne światowe trendy w chemii materiałów funkcjonalnych.

Badania z pierwszą grupą materiałów, warstwowych perowskitów tlenkowych typu  $AE_2BO_4$  nawiązują do wcześniejszych prac w zespole dotyczących anty-stokesowskiej emisji indukowanej promieniowaniem laserowym oraz określenie wpływu domieszki lantanowca na obserwowane efekty w nanokrystalicznym ceranie strontu. W ramach prac [H1] i [H2] zbadano wpływ metody syntezy niedomieszkowanego  $Sr_2CeO_4$  i rozmiaru ziaren oraz domieszek grafenu na specyfikę szerokopasmowej emisji. W mojej ocenie badania te mają w dużym stopniu charakter przyczynkowy i dobrze wpisują się w istniejący stan wiedzy. Jednocześnie dzięki bardzo dobremu warsztatowi badawczemu, zakresowi badań i wnikliwej analizie otrzymanych wyników prace te stanowią wartościowy wkład do przedmiotowej tematyki. Podobny charakter i moją ocenę mają prace [H3-H4], w których badano wpływ stężenia jonów domieszki oraz otoczenia próbki na właściwości spektroskopowe nanokrystalicznego trójwymiarowego perowskitu  $La_{1-x}Nd_xAlO_3$ . W tym przypadku stwierdzono między innymi, że zastosowanie wysokiego stężenia domieszki pozwala na uzyskanie najlepszych parametrów szerokopasmowej emisji z wdrożeniowego punktu widzenia.

Badania związane z nieorganicznymi perowskitami metalohalogenkowymi  $CsPbX_3$  (gdzie  $X = Cl$  lub  $Br$ ) stanowią najobszerniejszy fragment przedstawionych do oceny osiągnięć naukowych, prace [H5-H9]. Perowskity  $CsPbX_3$  są przedmiotem bardzo intensywnych badań na przestrzeni ostatnich kilku lat. Wyróżniają się one relatywnie wysoką stabilnością na tle innych halogenkowych materiałów perowskitowych oraz dużą podatnością do modyfikowania ich

właściwości fizykochemicznych i zwiększania potencjału zastosowań w optoelektronicznych układach na drodze domieszkowania innymi jonami. Habilitant trafnie stwierdza w Autoreferacie, że literatura dotycząca nieorganicznych perowskitów halogenkowych jest bardzo bogata. Natomiast trudno się zgodzić się z opinią, że „mikrometryczne, halogenkowe perowskity proszkowe są słabo scharakteryzowane w literaturze” lub też podobnym stwierdzeniem, że „przeważająca większość publikacji dotyczy otrzymania tych materiałów w formie nanokrystalicznych koloidów, cienkich warstw czy kryształów, podczas gdy mikrometryczne analogi w formie proszku nie wzbudziły do tej pory większego zainteresowania, co daje przestrzeń do badań”, o czym świadczą przykładowe publikacje w *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2018, 20, 25476; *RSC Adv.*, 2022,12, 1035 oraz *Chin. J. Chem. Phys.* 2023, 36, 613 pośród szeregu innych licznych prac dotyczących badań mikrometrycznych form  $\text{CsPbX}_3$ ). Niemniej, ta ostatnia uwaga nie umniejsza trafności wyboru Habilitanta układów  $\text{CsPbCl}_3$  i  $\text{CsPbBr}_3$  domieszkowanych jonami  $\text{Yb}^{3+}$  i zbadania ich właściwości spektroskopowych przy wzbudzeniu wysokoenergetycznym. Punktem wyjścia do tych badań było otrzymanie materiałów  $\text{CsPbX}_3$  domieszkowanych jonami  $\text{Yb}^{3+}$  i wykazanie na podstawie rentgenowskiej dyfraktometrii proszkowej czystości fazowej otrzymanych matryc. Wyniki te są w pełni zbieżne z najnowszymi badaniami innych autorów z zastosowaniem bardziej zaawansowanych technik (cf. *Sci. Adv.* 2023, 9, eadi7931 oraz *J. Am. Chem. Soc.* 2024, 146, 9554). W pracach [H5–H6] wykazano, że wpływ jonu halogenkowego na właściwości spektroskopowe szerokopasmowej luminescencji generowanej dla mikrokryystalicznych materiałów  $\text{CsPbCl}_3:\text{Yb}^{3+}$  oraz  $\text{CsPbBr}_3:\text{Yb}^{3+}$  jest nieznaczny. Po raz pierwszy przeprowadzono systematyczną analizę strukturalną i spektroskopową mikrokryystalicznych perowskitów  $\text{CsPbX}_3:\text{Yb}^{3+}$  przy wzbudzeniu wysokoenergetycznym (prace [H7–H9]). Zaobserwowano odwracalne przemiany fazowe dla  $\text{CsPbCl}_3:\text{Yb}^{3+}$  oraz  $\text{CsPbBr}_3:\text{Yb}^{3+}$  przy odpowiednio 321 K oraz 362 K i 405 K, których obecność została potwierdzona na podstawie widm Ramana wykonanych w funkcji temperatury. Jednocześnie wyznaczono optymalne stężenie domieszki w chlorkach i zaproponowano mechanizm transferu energii w analogach mikrometrycznych. Ponadto stwierdzono, że w układzie  $\text{CsPbCl}_3:\text{Yb}^{3+}$  poziomy wzbudzone  $\text{Yb}^{3+}$  obsadzone są przez transfer energii z ekscytonu w niskich temperaturach, podczas gdy w analogach bromkowych emisje ekscytonu i jonów lantanowca są niezależne od siebie w całym zbadanym zakresie temperatur, a poziomy lantanowca są obsadzone bezpośrednio z pasma przewodnictwa. Obok badań podstawowych, wykazano również potencjał wdrożeniowy perowskitów  $\text{CsPbX}_3:\text{Yb}^{3+}$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}$ ) do zastosowań w detektorach, bezdotykowej termometrii optycznej w niskich temperaturach i fotowoltaice (praca [H-9]). Niewątpliwie prace związane z budową i właściwościami spektroskopowymi materiałów  $\text{CsPbX}_3:\text{Yb}^{3+}$  stanowią najbardziej znaczące osiągnięcie naukowe

Habilitanta, czego potwierdzeniem jest fakt opublikowania części otrzymanych wyników w wysoce renomowanych czasopismach specjalistycznych, takich jak: Chemical Engineering Journal, Advanced Optical Materials i Journal of Physical Chemistry C.

Wyżej wymienione osiągnięcie uznaję za istotne z punktu widzenia rozwoju nauk chemicznych i inżynierii materiałowej, w szczególności w obszarze materiałów perowskitowych o interesujących walorach poznawczych oraz potencjale aplikacyjnym.

### **Ocena dorobku organizacyjnego i dydaktycznego**

Dr Mariusz Stefański był promotorem w 2 pracach magisterskich i promotorem w jednej inżynierskiej. Przy ocenie działalności dydaktycznej zwraca uwagę brak prowadzenia zajęć ze studentami (ćwiczenia, seminaria, wykłady), co niewątpliwie wynika z faktu zatrudnienia Habilitanta w jednostce PAN. W zakresie działań organizacyjnych Habilitant wielokrotnie uczestniczył w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych, ostatnio jako sekretarz naukowy w 8th International Conference on Excited States of Transition Elements (ESTE 2023).

### **Wnioski końcowe**

Na podstawie oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, ze szczególnym uwzględnieniem spójnego tematycznie cyklu oryginalnych publikacji wieloautorskich, stwierdzam, że Pan dr Mariusz Stefański legitymuje się istotnymi osiągnięciami naukowymi w zakresie chemii i inżynierii materiałów funkcjonalnych, uzyskanymi po otrzymaniu stopnia naukowego doktora. Osiągnięcia te stanowią wartościowy wkład w rozwój reprezentowanej przez Habilitanta dyscypliny naukowej. Oceniając pozytywnie samą rozprawę habilitacyjną oraz całokształt dokonań naukowych jestem głęboko przekonany, że Habilitant jest w pełni przygotowany do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Według mojej oceny, Pan dr Mariusz Stefański spełnia wymogi formalne i ustawowe, stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne, zawarte w art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Rekomenduję zatem Radzie Dyscypliny Nauki Chemiczne Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego Panu dr. Mariuszowi Stefańskiemu w przedmiotowej dziedzinie.

