



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ CHEMICZNY**

**ul. Noakowskiego 3  
00-664 Warszawa  
tel: (4822) 234-7315**

**Prof. dr hab. inż. Janusz Lewiński**

**e-mail: lewin@ch.pw.edu.pl**

Warszawa, 18. 04. 2018 r.

Recenzja całokształtu dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej dr inż. Piotra Bujaka pt. *„Nowe nanomateriały nieorganiczne i organiczne o kontrolowanych właściwościach elektronowych i luminescencyjnych: otrzymywanie, badania spektroskopowe, strukturalne i elektrochemiczne oraz przykłady zastosowań”*.

### **Informacje ogólne oraz ocena dorobku naukowego.**

Dr inż. Piotr Bujak jest absolwentem Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie w 2002 r. obronił prace magisterską dotyczącą utleniania alkoholi z udziałem reagentów nieorganicznymi. Następnie w 2003 r. rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. W 2008 r. obronił pracę doktorską pt. „Charakterystyka mikrostrukturalna wybranych kopolimerów akrylowych za pomocą spektroskopii NMR”, której promotorem był dr hab. inż. Marek Matlengiewicz. W latach 2007 – 2011 Habilitant pracował jako asystent, a następnie przez kolejny rok jako adiunkt na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego. Wynikiem Jego aktywności naukowej w tym okresie jest 15 publikacji w czasopismach specjalistycznych, poświęconych w głównej mierze syntezie nowej grupy pochodnych 4,5 dihydroizoksazoli z wykorzystaniem tandemowej reakcji izomeryzacja–cykloaddycja 1,3 dipolarna, oraz, w mniejszym zakresie, na utlenianiu związków organicznych z wykorzystaniem nanocząstek złota jako katalizatorów.

W 2012 r. dr inż. P. Bujak rozpoczął staż podoktorski na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej, realizowany w ramach projektu TEAM Fundacji na rzecz Nauki Polskiej kierowanego przez prof. Adama Pronia - wybitnego specjalisty w zakresie chemii materiałów. W ten sposób Kandydat związał się z tą znamienitą grupą badawczą na dłuższy okres czasu. Obecnie, po zakończeniu realizacji projektu TEAM w 2016 r., kontynuuje

kolejny staż podoktorski w ramach projektu NCN OPUS. Pobyt Habilitanta w grupie prof. Pronia okazał się kluczowy w rozwoju Jego dalszej kariery naukowej. Zaowocował on znaczącym dorobkiem, na który składa się 19 publikacji w renomowanych czasopismach ogólnchemicznych i specjalistycznych, spośród których 15 publikacji stanowi podstawę przedstawionej rozprawy habilitacyjnej. Obecnie sumaryczny dorobek naukowy dr. inż. P. Bujaka obejmuje 34 publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie JCR o łącznym współczynniku wpływu IF ok 140 (liczba niezależnych cytowań wynosi ok. 350, współczynnik Hirscha wynosi 10). Dorobek ten uzupełniają liczne prezentacje na konferencjach międzynarodowych, w tym 5 wykładów na zaproszenie.

### **Opinia o przedstawionych do habilitacji publikacjach naukowych**

Przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna jest cyklem 15 publikacji z załączonym ponad 50-cio stronicowym komentarzem. Prace te ukazały się w renomowanych czasopismach ogólnchemicznych i specjalistycznych o zasięgu międzynarodowych, w tym *Chem. Commun.*, (2 prace), *Chem. Eur. J.*, (1), *Inorg. Chem.*, (2), *Eur. J. Inorg. Chem.*, (1), *Phys. Chem. Chem. Phys.*, (3), *J. Phys. Chem. C*, (1), *Mater. Chem. Phys.*, (1) i *Synth. Met.*, (3) (IF od 6.6 do 2.1, śr. wartość IF ok. 4) oraz *Che. Soc. Rev.* (IF = 38.6, 1 praca przeglądowa). Sumaryczny współczynnik wpływu tych prac wynosi ok 90. Wszystkie publikacje stanowiące podstawę rozprawy habilitacyjnej mają charakter wieloautorski, ale należy podkreślić, że w każdej z tych prac Habilitant jest autorem korespondencyjnym. Dołączone do rozprawy oświadczenia współautorów tych prac nie pozostawiają też wątpliwości, co do osoby głównego realizatora nakreślonej jasno koncepcji badawczej (udziały procentowe Habilitanta w poszczególnych publikacjach oscylują w granicach 40%). Tematyka publikacji przedstawionych w cyklu habilitacyjnym obejmuje kompleksowe badania dotyczące projektowania, wytwarzania, modyfikacji i określenia właściwości fizykochemicznych nowych elektroaktywnych nanomateriałów nieorganicznych, nieorganiczno-organicznych, jak i organicznych o kontrolowanych właściwościach elektronowych i luminescencyjnych.

Nanotechnologia stanowi niezwykle szybko rozwijającą się dziedzinę nauki o rzeczywistym wpływie na kształt i rozwój współczesnych technologii. W tym kontekście projektowanie i wytwarzanie nanomateriałów funkcjonalnych o zadanych właściwościach fizykochemicznych jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej chemii. W ostatnich dwóch dekadach obiektem szczególnie wzmożonego zainteresowania, zarówno na poziomie badań podstawowych jak i praktycznych, są nanometryczne struktury zbudowane z materiałów półprzewodnikowych. Do najintensywniej dotychczas badanych i najlepiej poznanych koloidalnych nanomateriałów półprzewodnikowych należą kropki kwantowe bazujące na halogenkach kadmu. Jednak perspektywa praktycznego zastosowania tego typu nanoukładów jest ograniczona ze względu na ich toksyczność, związaną z obecnością jonów kadmu. Dlatego obecnie, w coraz większym stopniu badania ukierunkowane są na koloidalne nanokryształy nieorganicznych półprzewodników pozbawionych toksycznych pierwiastków. Dominująca tematyka publikacji przedstawionych w cyklu habilitacyjnym wpisuje się idealnie w aktualne trendy i wyzwania współczesnej nanotechnologii.

Habilitant w swoich badaniach skupił się głównie na nowych dwu-, trój- i czteroskładnikowych koloidalnych półprzewodnikach nanokrystalicznych zawierających ind, tj. InP, Cu-In-S, Cu-In-Se, Cu-In-Zn-S i Ag-In-Zn-S (przedmiot prac **H1-H7**). Następnie rozszerzył te badania na wieloskładnikowe układy niezawierające indu (jako stosunkowo drogiego pierwiastka), tj. Cu-Fe-S i Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> (przedmiot czterech prac **H8-H11**). Tematyka tych prac ma charakter multidyscyplinarny i oprócz opracowania nowych metod otrzymywania nanokryształów przy zastosowaniu prostych prekursorów, dotyczy również szeregu innych aspektów związanych z funkcjonalizacją otrzymanych nanomateriałów i szeroką charakteryzacją ich właściwości fizykochemicznych. Ze względu na liczną grupę półprzewodników trój- i czteroskładnikowych, w tym półprzewodników stopowych, ważnym elementem prowadzonych badań było określenie wpływu charakteru prekursorów i warunków procesu na skład, budowę, kształt i rozmiar otrzymywanych nanokryształów.

Wszystkie wspomniane prace nie tylko mają wysoce oryginalny charakter, ale stanowią również dużą wartość naukową w obszarze przedmiotowej tematyki. Niemniej

uważam, że za największe osiągnięcie naukowe Habilitanta w szerszym wymiarze można uznać opracowanie nowych metody otrzymywania wieloskładnikowych koloidalnych półprzewodników nanokrystalicznych, pozwalających na kontrolę składu w szerokim zakresie, poprzez zmianę składu mieszaniny reakcyjnej złożonej z prostych prekursorów oraz poprzez modyfikację warunków reakcji. Natomiast w wymiarze jednostkowym można wymienić i) opracowanie oryginalnej metody *heating-up* i metody *hot-injection*, które pozwalają na otrzymanie nanokryształów  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  o strukturze wurcytu i kesterytu przy użyciu oktanianu cyny(II) jako nowego prekursora oraz ii) zastosowanie metody elektrochemicznej do badania oddziaływania ligandów stabilizujących z powierzchnią nanokryształów - wyjątkowo oryginalne i nowatorskie podejście do chemii koordynacyjnej powierzchni nanokryształów.

W mojej ocenie dr inż. Piotr Bujak mógł w zasadzie ograniczyć rozprawę habilitacyjną do bardzo spójnego tematycznie cyklu wysoce oryginalnych prac **H1 - H11** dotyczących fizykochemii koloidalnych nanokryształów półprzewodników nieorganicznych. Bogactwo zaprojektowanych i otrzymanych nanomateriałów, nowatorskie metody ich wytwarzania i funkcjonalizacji, badania związane z chemią koordynacyjną powierzchni nanokryształów, czy też bogactwo różnorodnych technik, wykorzystanych w celu określenia właściwości fizykochemicznych otrzymywanych nanomateriałów wskazują jednoznacznie na znakomity warsztat badawczy oraz ogromną dojrzałość naukową Habilitanta. Niemniej Habilitant rozszerzył rozprawę o trzy kolejne prace, dotyczące otrzymywania nowych, małowcząsteczkowych półprzewodników organicznych o dużej wydajności foto- i elektroluminescencji (publikacje **H13-H15**). W tym przypadku zastosowana została strategia polegająca na modyfikacji struktur znanych związków, takich jak indantron i flawantron, niewykorzystywanych wcześniej do otrzymywania tego typu półprzewodników organicznych. Zbadano również samoorganizację tych związków w nanoskali z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii tunelowej, a także pokazano ich możliwości aplikacyjne w wytwarzaniu organicznych diod elektroluminescencyjnych typu gość/gospodarz.

## **Wnioski końcowe**

Stwierdzam, że w ramach przedstawionej do oceny rozprawy habilitacyjnej zaprezentowano bardzo oryginalną, wartościową i wyjątkowo rzetelnie zrealizowaną tematykę badawczą. Przedstawiony dorobek naukowy świadczy o bardzo dużym doświadczeniu i kompetencji dr. inż. Piotra Bujaka w dziedzinie chemii nanomateriałów oraz zaawansowanych technik charakteryzacji stosowanych w chemii, fizyce ciała stałego oraz inżynierii materiałowej. Oceniając bardzo pozytywnie samą rozprawę habilitacyjną oraz całokształt dokonań naukowych jestem głęboko przekonany, że Kandydat jest w pełni przygotowany do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W moim głębokim przekonaniu uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna spełnia wszystkie warunki określone w art. 17 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. (Dz. U. nr 65, poz. 595 z 2003 r., z zm. w Dz. U. z 2005 r. nr 164, poz. 1365) i wnioskuję o dopuszczenie dr. inż. Piotra Bujaka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Bujak', written in a cursive style.