



# Institute of Physical Chemistry Polish Academy of Sciences

Dr. hab. Marcin Fiałkowski, prof. IChF PAN  
Department of Soft Condensed Matter  
Institute of Physical Chemistry, PAS

Kasprzaka 44/52,  
01 224 Warsaw, Poland

Tel. +(48 22) 343 20 67  
Fax +(48 22) 343 33 33  
E-mail: mfialkowski@ichf.edu.pl

Warszawa, 10-08-2019

## Recenzja dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej

dr. Wiktora Lewandowskiego

pt. „*Architektura molekularna organicznych ligandów promezogenicznych w aspekcie dynamicznej samoorganizacji dalekozasięgowo uporządkowanych agregatów nanocząstek*”.

### Informacje o Autorze

Pan dr Wiktor Lewandowski jest absolwentem Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych na Uniwersytecie Warszawskim. Tytuł magistra otrzymał w roku 2008 na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Stopień doktora nauk chemicznych uzyskał w roku 2013 na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, broniąc pracę doktorską pt. „*Synteza i właściwości fizykochemiczne stilbenowych ligandów do powierzchniowej modyfikacji nanocząstek*” napisaną pod kierunkiem profesora Józefa Mieczkowskiego. W roku 2008 Autor otrzymał również stopień magistra na kierunku Biotechnologia w ramach Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych, na Wydziale Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Od roku 2013 dr Lewandowski pracuje na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, w tym od roku 2016 jako adiunkt. Przed uzyskaniem stopnia doktora Autor odbył dwa staże naukowe w zagranicznych jednostkach badawczych: Pierwszy, osiemastomiesięczny, w Massachusetts Institute of Technology w

USA w grupie prof. T. M. Swagera. Drugi, dwumiesięczny, na University of Maribor w Słowenii w grupie prof. N. Vaupotic. Dr Lewandowski odbył również roczny staż podoktorski w centrum badawczym CICbiomaGUNE w San Sebastian w Hiszpanii w grupie prof. L. Marzana.

### **Ocena dorobku naukowego**

Pan dr Wiktor Lewandowski jest współautorem łącznie 18 publikacji oraz jednego rozdziału w książce. Swoje prace opublikował w wiodących czasopismach naukowych takich jak *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Chem. Commun.*, *Langmuir*, *Nature Communications*, *Nanoscale*, czy *Chemistry of Materials*. Przed uzyskaniem stopnia doktora Autor opublikował siedem artykułów. Ich tematyka związana była z syntezą i charakterystyką nanomateriałów, głównie otrzymywanych na bazie grafenu. Po doktoracie zainteresowania naukowe dr. Lewandowskiego dotyczyły przede wszystkim dalekozasięgowego uporządkowania w układach nanocząstek sfunkcjonalizowanych promezogenicznymi ligandami organicznymi. Po otrzymaniu stopnia doktora Autor opublikował 12 prac, z czego 7 przedstawił jako cykl artykułów składających się na osiągnięcie naukowe w przedłożonej rozprawie. W dniu złożenia rozprawy habilitacyjnej sumaryczna liczba cytowań prac Autora wynosiła 381 (338 bez autocytowań), a łączny współczynnik wpływu (*impact factor*) wszystkich jego prac wynosił ponad 109. Indeks Hirscha Autora wynosi 12. Jest to bardzo dobry wynik biorąc pod uwagę fakt, że pierwszą pracę opublikował w roku 2009. Dr Lewandowski jest również współautorem trzech wynalazków, którym przyznano ochronę patentową (dwa z nich otrzymały ochronę międzynarodową).

Dr Lewandowski był kierownikiem czterech projektów naukowych: PRELUDIUM (NCN, 2010 – 2013), SONATA (NCN, 2014 -- 2015), MOBILNOŚĆ PLUS (MNiSW, 2016) oraz FIRST TEAM (FNP, 2017 – 2020). Ponadto, Autor jest laureatem licznych prestiżowych nagród i wyróżnień za osiągnięcia naukowe. Podsumowując, nie mam najmniejszych wątpliwości, że dorobek naukowy dr. Lewandowskiego spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

## Ocena rozprawy habilitacyjnej

Podstawą przedstawionej do recenzji rozprawy habilitacyjnej jest cykl siedmiu publikacji (H1 – H7) z dołączonym 21-stronnicowym wprowadzeniem. Prace te zostały opublikowane w latach 2014 – 2018 w renomowanych czasopismach, między innymi w takich jak *Nature Communications*, *Nanoscale*, czy *Chemistry of Materials*. Artykuły H1 – H5 opisują oryginalne wyniki naukowe, pozycje H6 i H7 są natomiast pracami przeglądowymi. Scientometrycznym odzwierciedleniem jakości publikacji jest ich sumaryczny czynnik wpływu (*impact factor*) wynoszący ponad 38 oraz fakt, że były już one cytowane łącznie 96 razy (stan na dzień złożenia rozprawy). Wszystkie publikacje stanowiące podstawę rozprawy habilitacyjnej mają charakter wieloautorski. We wszystkich jednak pracach, z wyjątkiem pracy przeglądowej H6, wkład Autora jest istotny i przekracza 60%. We wszystkich artykułach jest on również pierwszym autorem lub/i autorem korespondencyjnym. Oświadczenia współautorów oraz samego Autora świadczą, że to on był odpowiedzialny za wytyczenie koncepcji badań oraz kierowanie pracami naukowymi. Wszystkie publikacje dotyczą otrzymywania i charakterystyki rekonfigurowalnych nanomateriałów plazmonicznych składających się z nanocząstek pokrytych organicznymi ligandami (pro)mezogenicznymi i stanowią merytorycznie spójny cykl tematyczny. Należy odnotować fakt, że prace oryginalne H1 – H5 zostały przedstawione w porządku chronologicznym, obrazującym postęp prac badawczych będących przedmiotem przedłożonej rozprawy habilitacyjnej.

Celem badań przedstawionych w cyklu publikacji było uzyskanie nowego rodzaju nanomateriału funkcjonalnego, w którym może zachodzić odwracalne dalekozasięgowe porządkowanie nanocząstek plazmonicznych wywołane i kontrolowane czynnikiem zewnętrznym. Aby taki materiał wykazywał interesujące własności optyczne lub optoelektryczne powinien zawierać odpowiednio dużą ilość nanocząstek. Tylko wtedy możliwe jest uzyskanie odpowiedniej (małej) odległości między nanocząstkami, która w głównej mierze decyduje o własnościach optycznych materiału. Ważne jest również aby własności optyczne wykazywane dla różnych typów uporządkowania lub między

uporządkowaniem a brakiem uporządkowania odpowiednio się różniły. Kolejnymi wyzwaniami były zapewnienie stabilności termicznej anizotropowych, dalekozasięgowo uporządkowanych struktur utworzonych z nanocząstek, oraz uzyskanie precyzyjnej kontroli nad przechodzeniem układu ze stanu uporządkowanego do nieuporządkowanego albo pomiędzy różnymi rodzajami stanów uporządkowanych. Aby sprostać tym wymaganiom w swoich badaniach Autor zastosował nanocząstki srebra i złota wykazujące zlokalizowany powierzchniowy rezonans plazmoniczny w zakresie światła widzialnego, które zostały sfunkcjonalizowane właściwie zaprojektowanymi promezogenicznymi ligandami organicznymi. Do utworzenia dalekozasięgowego porządkowania nanocząstek zostało wykorzystane zjawisko odwracalnej samoorganizacji zachodzące w wyniku zmiany przestrzennego ułożenia ligandów wokół nanocząstek wywołanej bodźcem zewnętrznym (na przykład temperaturą).

W pracy H1 Autor zaprojektował i dokonał syntezy ligandu promezogenicznego składającego się z alkilowego łącznika posiadającego część wiążącą z powierzchnią metalu (grupę merkaptanową), sztywnego rdzenia zbudowanego z pierścieni aromatycznych połączonych za pomocą wiązań estrowych oraz elastycznego alkilowego łańcucha terminalnego. Nanocząstki srebra sfunkcjonowane tym ligandem utworzyły nanomateriał wykazujący odwracalne przejście pomiędzy fazą lamelarną a fazą izotropową indukowane zmianą temperatury w zakresie 30 – 120 °C. Przejściu temu towarzyszyła wyraźna zmiana położenia maksimum pasma plazmonowego. Co ciekawe, zaobserwowano również ciągłą zmianę własności optycznych materiału w zakresie temperatur odpowiadających fazie lamelarnej. W omawianej pracy przedstawiono argumenty eksperymentalne, że takie zachowanie wynika ze stopniowej reorganizacji ligandów organicznych wokół nanocząstek pod wpływem zmian temperatury, powodującej zmianę odległości między nanocząstkami w lamelach. Autor otrzymał więc pierwszy rekonfigurowalny materiał plazmoniczny działający w zakresie światła widzialnego. Należy zaznaczyć, że otrzymany nanomateriał nie zawierał rozpuszczalnika, przypominając pod tym względem termotropowy ciekły kryształ. Jest to bardzo pożądana cecha, mająca

znaczenie w kontekście jego potencjalnych zastosowań w fotonice. Co więcej, pomiary elipsometryczne wsparte obliczeniami teoretycznymi pokazały, że otrzymany materiał wykazuje bliską zeru przenikalność dielektryczną (*epsilon near zero* – ENZ). Tym samym, był to również pierwszy rekonfigurowalny metamateriał wykazujący właściwości ENZ, który został utworzony z nanocząstek.

W kolejnych pracach, **H2**, **H4** i **H5**, Autor przeprowadził modyfikację promezogenicznego ligandu. Polegały one, między innymi, na zmniejszeniu liczby pierścieni aromatycznych w promezogenicznym rdzeniu oraz semifluorowaniu łańcucha terminalnego ligandu. W rezultacie Autor dokonał syntezy pięciu nowych ligandów. Pozwoliło to znacząco zwiększyć odporność materiału na przechodzenie przez cykle grzania i chłodzenia. Dzięki użyciu nowych ligandów zwiększona również została szybkość chłodzenia pozwalająca na otrzymanie uporządkowanej fazy lamelarnej. Innym osiągnięciem było zidentyfikowanie nowych uporządkowanych dalekozasięgowo faz: lamelarnej modulowanej, tetragonalnej centrowanej objętościowo, regularnej centrowanej objętościowo i regularnej centrowanej ściennie. W pracy **H2** pokazane zostało odwracalne przejście pomiędzy dwoma trójwymiarowymi fazami, któremu towarzyszyła zmiana własności plazmonicznych materiału. Otrzymano rekonfigurowalność pomiędzy układem tetragonalnym centrowanym objętościowo a układem regularnym przestrzennie centrowanym. W pracy **H5** otrzymany został po raz pierwszy materiał wykazujący odwracalną sekwencję przejść pomiędzy trzema różnymi dalekozasięgowo uporządkowanymi fazami: fazą lamelarną, fazą regularną centrową objętościowo i fazą regularną centrowaną ściennie. Przejścia zachodziły w temperaturach, odpowiednio, 60 i 120 °C, i towarzyszyła im przełączalność własności optycznych. Oznacza to, że dzięki zastosowaniu nowej architektury ligandu Autorowi udało się znacznie obniżyć temperaturę, w której zachodzi rekonfiguracja własności optycznych materiału w stosunku do tej obserwowanej w pierwszej publikacji.

W pracy **H3** Autor przedstawił bardzo ciekawy wynik ilustrujący możliwość zmiany parametrów uporządkowanej dalekozasięgowo struktury w wyniku procesu znanego jako

„dojrzewanie Ostwalda” (*Ostwald ripening*). W cytowanej pracy zostały użyte nanocząstki srebra pokryte mieszaniną ligandów promezogenicznych oraz prostych koligandów alkilowych. W wyniku tego procesu faza regularna centrowana ściennie niemal dwukrotnie powiększyła swoją stałą sieci zachowując przy tym strukturę uporządkowania. Proces ten zachodził w podwyższonej temperaturze (180 °C) i był wynikiem wzrostu średnicy nanocząstek w skutek dojrzewania Ostwalda. Mimo, że opisany proces zmiany rozmiarów struktury jest nieodwracalny, uważam, że wyniki przedstawione w publikacji **H3** są interesujące. Pokazują bowiem możliwość manipulowania *in situ* parametrami faz utworzonych przez nanocząstki.

Autor dołączył również do cyklu publikacji dwie prace przeglądowe. Pierwsza z nich, **H6**, napisana z dr. M. Wójcikiem i prof. E. Górecką, została opublikowana w roku 2014, a więc zanim Autor rozpoczął samodzielne badania będące przedmiotem przedłożonej rozprawy habilitacyjnej. Druga tych prac, **H7**, napisana z prof. E. Górecką, będąca rozdziałem w książce, została opublikowana w roku 2017. Przedmiotem obu tych publikacji jest zastosowanie ligandów mezogenicznych i promezogenicznych do funkcjonalizacji powierzchni nanocząstek metalicznych (plazmonicznych) w celu otrzymywania rekonfigurowalnych nanomateriałów funkcjonalnych. Mimo, że wspomniane prace przeglądowe zawierają interesujące obserwacje i wnioski, z oczywistych powodów nie mogą być one brane pod uwagę jako część oryginalnego osiągnięcia naukowego. W mojej opinii pominięcie ich nie obniżyłoby jakości przedłożonej rozprawy. Wspomniane publikacje stanowią jednak cenny wkład do dorobku naukowego Autora i świadczą o jego dojrzałości naukowej.

Na koniec chciałbym zgłosić uwagę dotyczącą terminologii stosowanej przez Autora. Uważam, że określenie „*Dynamic Self Assembly*” odnosi się raczej do zjawiska samoorganizacji w struktury dyssypatywne (stacjonarne), które nie znajdują się w stanie równowagi termodynamicznej. Przedmiotem badań Autora są natomiast układy równowagowe, których stan można zmieniać za pomocą parametru zewnętrznego jakim jest temperatura. Są to zatem rekonfigurowalne struktury *statyczne*.

## **Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizatorskiego**

Dr Lewandowski prowadził wykłady i zajęcia dydaktyczne i laboratoryjne z zakresu chemii oraz technologii nanomateriałów na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Był promotorem jednej pracy magisterskiej oraz 11 prac licencjackich. Dodatkowo, był opiekunem naukowym czterech prac magisterskich oraz jednej licencjackiej. Należy odnotować, że jedna z jego podopiecznych – pani M. Tupikowska – zdobyła drugie miejsce w ogólnopolskim konkursie „Złoty Medal Chemii”, organizowanym przez Instytut Chemii Fizycznej PAN, przyznane za wyróżniającą się pracę licencjacką w roku 2018. Autor posiada również imponujący dorobek popularyzatorski, na który składają się pokazy chemiczne, liczne wywiady w mediach, wykłady popularyzatorskie, oraz praca z uczniami liceów z Funduszu na Rzecz Dzieci i w ramach Uniwersytetu Młodego Chemika na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Dr Lewandowski może wykazać się bogatym doświadczeniem organizatorskim: Był członkiem czterech komitetów organizacyjnych konferencji naukowych (w tym jednej międzynarodowej), brał udział w zespołach eksperckich oraz prowadzi współpracę naukową z naukowcami z ośrodków krajowych i zagranicznych (z Hiszpanii, Niemiec i Japonii). Nie mam wątpliwości, że dorobek dydaktyczny, popularyzatorski i organizacyjny Autora spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

## **Wnioski końcowe**

Recenzowana przez mnie rozprawa habilitacyjna prezentuje wysoki poziom merytoryczny. Wyniki przedstawione przez Autora w przedłożonym cyklu publikacji spełniają kryteria znaczącego osiągnięcia naukowego. Dr Lewandowski jest już dojrzałym naukowcem potrafiącym samodzielnie formułować cele badawcze, zdobywać środki na ich realizację i skutecznie je realizować. Są to kompetencje, które musi posiadać kandydat do stopnia doktora habilitowanego.

Jestem przekonany, 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. Wiktora Lewandowskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



M. Fiałkowski