



UNIwersytet  
Warszawski

Wydział Chemii



Prof. dr hab. Rafał Siciński

Kierownik Pracowni Stereokontrolowanej

Syntezy Organicznej WCh UW

### Ocena

dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego  
oraz rozprawy habilitacyjnej dr. Wiktora Lewandowskiego

*„Architektura molekularna organicznych ligandów promezogenicznych w aspekcie dynamicznej samoorganizacji dalekozasięgowo uporządkowanych agregatów nanocząstek”*  
przedstawiona w związku z postępowaniem habilitacyjnym

**Sylwetka Habilitanta.** Dr Wiktor Lewandowski uzyskał swe tytuły i stopnie naukowe na Uniwersytecie Warszawskim. Tak więc, w ramach Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych otrzymał tytuł licencjata i magistra na Wydziale Biologii (kierunek Biotechnologia), równolegle zdobywając tytuł magistra na Wydziale Chemii, gdzie Jego promotorem był prof. dr hab. Józef Mieczkowski. Prof. Mieczkowski pełnił także rolę promotora podczas wykonywania Jego pracy doktorskiej *„Synteza i właściwości fizykochemiczne stilbenowych ligandów do powierzchniowej modyfikacji nanocząstek”*, obronionej w 2013 r. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk chemicznych, pracował na Wydziale Chemii UW, najpierw jako asystent (2013-2016), a następnie adiunkt (od 2016 r.). Przez ten czas związany był z Pracownią Chemii Związków Naturalnych, a następnie Pracownią Syntezy Organicznych Nanomateriałów i Biomolekuł, w których wykonał prace badawcze opisane w siedmiu publikacjach, stanowiących podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Habilitant odbył dwa długoterminowe staże predoktorskie: w znakomitym ośrodku naukowym, jakim bez wątpienia jest Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Bostonie (w grupie prof. Timothy M. Swagera) oraz w University of Maribor w Słowenii (w grupie prof. Natasy Vaupotic).

**Ocena osiągnięcia naukowego.** Osiągnięcie naukowe „Architektura molekularna organicznych ligandów promezogenicznych w aspekcie dynamicznej samoorganizacji dalekozasięgowo uporządkowanych agregatów nanocząstek” przedstawione przez dr. Wiktora Lewandowskiego składa się z siedmiu monotematycznych publikacji w czasopismach z listy *Journal Citation Reports*. Pięć publikacji z tego cyklu jest oryginalnych (H1-H5), kolejna jest praca przeglądową (H6) opublikowaną w *ChemPhysChem*; ukazały się one w latach 2014-2018 w większości w najlepszych czasopismach z dziedziny chemii. Sumaryczny współczynnik oddziaływania tych prac (impact factor) wynosi 38,17 co daje bardzo wysoką średnią na publikację (6,36). Ostatnia publikacja przedstawionego cyklu prac (H7) to obszerna praca przeglądowa z prof. Ewą Górecką, opublikowana w 2016 r. jako rozdział dwutomowego dzieła „*Liquid Crystals with Nano and Microparticles*”, wydanego przez World Scientific Publishing Co.

Zawarte w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r.* sformułowanie, wskazujące warunek otrzymania habilitacji - „osiągnięcia naukowe lub artystyczne, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej” - nakłada na recenzenta obowiązek zapoznania się z oświadczeniami współautorów przedstawionych do oceny publikacji w celu weryfikacji ich procentowych udziałów. Analiza tych oświadczeń nie nasuwa generalnie wątpliwości – korespondują one z wartościami procentowych udziałów zadeklarowanych przez Habilitanta. Jedyna drobna niezgodność pojawia się w przypadku pracy H3, w której powstawaniu sumaryczny udział pozostałych autorów podany jest jako 30% a dr Lewandowski wielkość swego udziału szacuje na 75%. Biorąc jednak pod uwagę to, że trójkę współautorów stanowili studenci nadzorowani przez dr. Lewandowskiego, tak drobną nieścisłość należy zignorować. Podsumowując analizę przedstawionych danych, udział dr. Lewandowskiego w przedstawionych do oceny pracach oryginalnych (A1-A5), w których jest On we wszystkich wypadkach autorem korespondencyjnym, należy uznać za wiodący (wynosi od 60 do 75%), podobnie jak w artykułach przeglądowych (40% w H6 i 80% w H7). Uzupełnienie oryginalnego dorobku publikacyjnego, na którym oparty został wniosek habilitacyjny, dwoma opracowaniami przeglądowo-monograficznymi uważam za fakt pozytywny, który powinien przyczynić się do zwiększenia liczby cytowań; efekt ten jest już zauważalny w przypadku cytowania pracy H6.

Oprócz cyklu siedmiu publikacji, kluczową część wniosku habilitacyjnego stanowi bez wątpienia tekst oznaczony jako 4.C. (umieszczony w Załączniku 2), liczący 21 stron druku i zawierający 66 odnośników literaturowych. Tekst ten należy traktować jako autoreferat,

charakteryzujący się (tak jak inne materiały habilitacyjne przedstawione przez dr Lewandowskiego) nienaganną formą edytorską. Odgrywa on ważną rolę przewodnika po publikacjach H1-H5 i stanowi znakomity do nich komentarz.

Unikalne własności metamateriałów stymulowały niezwykle szybki rozwój poświęconych ich projektowaniu, otrzymaniu i badaniu ich potencjalnych zastosowań, zwłaszcza w optyce i fotonice. Szczególnie interesujące, zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia, okazały się dynamiczne nanomateriały, zwłaszcza wykorzystujące właściwości ciekłokrystaliczne związków. Celem, jaki przyświecał Habilitantowi podczas planowania swej aktywności badawczej i którego realizacja stanowi podstawę przedstawionych do oceny publikacji, było uzyskanie dynamicznych nanomateriałów plazmonicznych. Postanowił On wykorzystać do tego celu strategię, która wydawała się najbardziej obiecująca, a opierała się na modyfikacji powierzchni nanocząstek ligandami mezogenicznymi lub promezogenicznymi. Tak więc, zgodnie z przyjętym założeniem, projektowane przez Habilitanta dynamiczne nanomateriały plazmoniczne składać się miały ze rdzenia metalicznego oraz monowarstwy promezogenicznych organicznych ligandów, posiadających terminalną grupę merkaptanową zdolną do dokowania się do nanocząstek metali szlachetnych, oraz koligandów alkilowych. Jednym z podstawowych wyzwań stojących przed badaczem zainteresowanym dziedziną nanocząstek plazmonicznych jest optymalizacja ich właściwości optycznych dokonywana poprzez zmiany składu, rozmiaru oraz kształtu nanocząstek, jak również odległości pomiędzy samymi nanocząstkami. Obecnie, szczególnie atrakcyjnym obszarem badawczym są próby otrzymywania nanomateriałów dynamicznych (przełączalnych), w których - po wytworzeniu dalekozasięgowo uporządkowanej struktury - odległość między nanocząstkami może być odwracalnie (i wielokrotnie) zmieniana na skutek przyłożenia określonego czynnika zewnętrznego.

Do realizacji założonego cyklu badań niezbędne było staranne zaplanowanie organicznych ligandów oraz wykonanie ich syntezy. Habilitant zrealizował ten etap wykorzystując swą znajomość chemii organicznej, staranną analizę danych literaturowych oraz - co bardzo istotne - swe obserwacje poczynione podczas swej pracy badawczej (podczas i po doktoracie). Zsyntezowane przez Niego (pro)mezogeniczne ligandy posiadały fragmenty alkilowe z terminalną grupą SH oraz sztywny rdzeń zbudowany z pierścieni aromatycznych, do których przyłączone były długie podstawniki alkoksylowe. W publikacji H1, odpowiedni ligand organiczny otrzymany został z kwasu *p*-hydroksybenzoesowego w wyniku dobrze zaplanowanej kilkietapowej syntezy; pierścienie rdzenia aromatycznego połączone były ugrupowaniami estrowymi. Wykorzystując nanocząstki srebra, stabilizowane monowarstwą

dodekanoliu, Habilitant otrzymał pożądaną nanomateriał hybrydowy i ustalił jego budowę korzystając z transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM), danych analizy termogravimetrycznej (TGA) oraz analizując widma XPS i NMR. Przeprowadził następnie badania strukturalne agregatów nanocząstek w stanie skondensowanym, wykorzystując technikę rozpraszania rentgenowskiego pod małymi kątami (SAXS) i potwierdzając zależną od temperatury reorganizację ułożenia nanocząstek w badanym materiale. Badania SAXS oraz widma UV/Vis w cieple stałym rejestrowane w różnych temperaturach (30 i 120 °C) udowodniły, że materiał wykazuje przełączalne właściwości optyczne – położenie maksimum pasma plazmonowego zmieniało się o 20 nm. Dalsza analiza materiału potwierdziła, że agregaty nanocząstek można przełączać odwracalnie. Obliczenia prof. Rockstuhla, eksperta w dziedzinie teoretycznego modelowania optycznych właściwości nanocząstek plazmonicznych, wykazały że otrzymany przez Habilitanta materiał hybrydowy stanowi pierwszy przełączalny metamateriał o właściwościach ENZ, tzn. wykazuje bliską zeru przenikalność elektryczną.

Wyniki opisane przez Habilitanta w publikacji H1 niewątpliwie wskazały drogę do uzyskania nowej, interesującej klasy dynamicznych metamateriałów. Dr Lewandowski uznał jednak, że ten pierwszy otrzymany materiał hybrydowy charakteryzował się pewnymi niekorzystnymi cechami, takimi choćby jak krótkozasięgowo uporządkowaną strukturą w podwyższonej temperaturze oraz długi czas przełączania (wolne chłodzenie niezbędne do dalekozasięgowego uporządkowania w obniżonej temperaturze) i w związku z tym postanowił zmienić strukturę organicznego liganda. W kolejnej swej publikacji H2 zaprojektował więc trzy następne ligandy, wprowadzając subtelne zmiany strukturalne w obrębie podstawników jednego z pierścieni aromatycznych – tego, który znajdzie się najbliżej powierzchni nanocząstki. Chociaż tylko jeden z otrzymanych ligandów wykazywał właściwości ciekłokrystaliczne, pozostałe dwa okazały się związkami promezogenicznymi. Po zakończonej sukcesem syntezie zaplanowanych ligandów, Habilitant przyłączył je do dwóch rodzajów nanocząstek złota różniących się rozmiarami (2,2 i 4,4 nm) oraz do nanocząstek srebra (4,8 nm). Uzyskał, w sposób podobny do opisanego powyżej, zestaw hybrydowych agregatów, które umożliwiły Mu korelację pomiędzy budową elementów składowych (rdzenie oraz ligandy), a ich własnościami. Okazało się, że tylko zastosowanie jednego z otrzymanych ligandów umożliwiło uzyskanie plazmonicznych, dynamicznych agregatów nanocząstek. Przebadanie uzyskanych materiałów różnorodnymi technikami (SAXS, TEM, SAXRD, UV/Vis) potwierdziło zakończone sukcesem uzyskanie pierwszego agregatu plazmonicznych nanocząstek mezogenicznych, wykazującego przejście fazowe pomiędzy dwiema fazami o

dalekozasięgowym uporządkowaniu 3D oraz posiadającego dynamiczne właściwości optyczne.

Chociaż, w porównaniu z materiałem opisanym w H1, do wytworzenia agregatu o dalekozasięgowym uporządkowaniu w niskiej temperaturze nie było już wymagane wolne chłodzenie, właściwości agregatu opisanego w H2 również nie były optymalne dla zastosowań fonicznych, z uwagi na relatywnie wysoką temperaturę przejścia fazowego i ograniczoną w związku z tym trwałością nanomateriału. Obserwacja ta skłoniła Habilitanta do dalszych poszukiwań korzystnych zmian strukturalnych promezogenicznych ligandów. Tym razem jednak wprowadzone przez Niego modyfikacje budowy ligandów (opisanych w H5) były zasadnicze – związki te składały się tylko z dwóch centralnie usytuowanych, aromatycznych pierścieni (trójpierścieniowa struktura okazała się mniej interesująca) połączonych ugrupowaniami estrowymi i dołączonych do nich z dwóch stron długich łańcuchów alkilowych: jednego zakończonego grupą SH i drugiego zawierającego terminalne (4-7 węglowe) perfluorowane alkile. Rola grupy tiolowej była oczywista – zapewnienie wiązania się z nanocząstką metalu – podczas gdy perfluorowane, terminalne części alkilowe wpływały na oddziaływania pomiędzy sąsiadującymi w przestrzeni nanocząstkami, zapewniając pewną ich separację od ugrupowań czysto węglowodorowych. Habilitant przeprowadził syntezę zaplanowanych ligandów i do konstrukcji nanocząstek hybrydowych postanowił wykorzystać nanocząstki srebra o nieco większych średnicach (5,2 nm). Po wymianie ligandów uzyskał dwa oczekiwane nanomateriały hybrydowe. Pomiary SAXS potwierdziły, że materiał otrzymany z liganda posiadającego dłuższy perfluorowany podstawnik wykazywał co prawda dalekozasięgowo uporządkowaną, odwracalnie przełączalną strukturę, a zmianie symetrii towarzyszyło przesunięcie położenia maksimum pasma plazmonowego o 19 nm, jednak stwierdzono również niską stabilność materiału. W przypadku hybrydowego nanomateriału opartym na ligandzie z krótszą fluorowaną częścią łańcucha alkilowego, względnie niewielka zmiana struktury liganda przełożyła się na obniżenie temperatury przejścia fazowego. Otrzymany przez dr. Lewandowskiego materiał okazał się pierwszym opisanym agregatem nanocząstek srebra, wykazującym rekonfigurowalność pomiędzy trzema różnymi, dalekozasięgowo uporządkowanymi fazami. Ważnym osiągnięciem było przy tym uzyskanie najwyższej dotychczas opisanej wartości przesunięcia położenia maksimum pasma plazmonowego (ok. 41 nm), obserwowanego dla dalekozasięgowo uporządkowanych agregatów mezogenicznych nanocząstek w stanie stałym. Ten interesujący plazmoniczny materiał, jak się okazało, może być wielokrotnie przełączany (ponad 400 razy), posiada on

wobec tego obiecujące właściwości (szybkość rekonfiguracji, stabilność i odpowiedź optyczną) z perspektywy przyszłych zastosowań w urządzeniach fotonicznych.

Analiza danych literaturowych zebranych przez Habilitanta w Jego dwóch pracach przeglądowych H6 i H7, skłoniła Go do przeprowadzenia kolejnych, ciekawych w mym przekonaniu, eksperymentów polegających na ustaleniu wpływu otoczki organicznej, a dokładniej struktury koligandów alkilowych (i obecności w nich określonych grup funkcyjnych) na symetrię i przełączalność tworzonych materiałów hybrydowych. Tak więc, dla tego samego ligandu promezogenicznego, dr Lewandowski zaprojektował (H4) pięć nanomateriałów, opartych na nanokryształach złota z koligandami: dodekanotiolem, heksadekanotiolem i perfluorodekanotiolem, oraz materiały hybrydowe oparte na nanokryształach srebra z koligandami: dodekanotiolem i 11-merkapto-1-undekanołem. Najważniejszym wnioskiem wyciągniętym przez Habilitanta z tych badań było potwierdzenie, że poprzez wykorzystanie koligandów alkilowych, posiadających różnorodne grupy funkcyjne, można zarówno modulować symetrię uzyskiwanych agregatów, jak również wpływać na stabilność termiczną fazy niskotemperaturowej.

Habilitant zaprojektował także (H3) promezogeniczny ligand, który dzięki wyjątkowo dużej objętości rozgałęzionego łańcucha alkilowego, przyłączonego do pierścienia aromatycznego, powinien sprzyjać (w wysokich temperaturach) samoorganizacji nanocząstek związanych z tym ligandem w dalekozasięgowo uporządkowane fazy. Pomiar SAXS nanocząstek wykazały, że ich termiczna stabilność wzrasta wraz ze wzrostem relatywnej zawartości liganda w monowarstwie stabilizującej nanokryształy.

Opisane przeze mnie powyżej badania Habilitanta, obejmujące projektowanie architektury molekularnej promezogenicznych organicznych ligandów połączonych z nanocząstkami, stwarzają szansę na uzyskanie stabilnych chemicznie nanomateriałów o dalekozasięgowo uporządkowanej i (wielokrotnie) przełączalnej strukturze oraz związanych z nią, dynamicznie zmiennych właściwościach optycznych. Prace te mogą skutkować uzyskaniem nanomateriałów o niezwykle interesujących właściwościach, umożliwiających ich przyszłe wykorzystanie w nowych urządzeniach fotonicznych i optycznych.

***Dorobek publikacyjny, dane scjentometryczne.*** Oprócz omówionych powyżej publikacji, przedstawionych do oceny jako osiągnięcie naukowe, dr Lewandowski ma znaczący dorobek naukowy. I tak, przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant był współautorem siedmiu prac opublikowanych w bardzo dobrych, a niektóre z nich (A1, A2) znakomitych, prestiżowych czasopismach z listy filadelfijskiej. W pierwszych sześciu pracach (A1-A6) Habilitant szacuje swój udział na 10-25%, zwraca jednak uwagę fakt, że w ostatniej

z nich (A7), opublikowanej w 2013 r., był już pierwszym autorem, którego udział wyniósł 50%. Analogiczna sytuacja miała miejsce w pracy opublikowanej w tym samym roku, ale już po uzyskaniu stopnia doktora (A8), podczas gdy w pozostałych publikacjach z tego okresu (A9-A12), nie wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej, udział Habilitanta był marginalny (5%).

Podsumowując, Habilitant jest współautorem 18 publikacji (12 po uzyskaniu stopnia doktora),<sup>1</sup> rozdziału książkowego, patentu oraz 2 aplikacji patentowych. Liczba cytowań jego prac to 381 (338 bez autocytowań, baza Web of Science), indeks Hirsha wynosi 12 (baza Web of Science), a sumaryczny impact factor przekracza 109 (zgodnie z rokiem opublikowania), a więc bez wątpienia świadczy o wysokiej randze czasopism, w których te publikacje się ukazały. Ponadto, zwraca uwagę aktywność konferencyjna Habilitanta, który wyniki swej pracy badawczej prezentował na ponad 30 konferencjach krajowych i międzynarodowych, zwłaszcza że znaczną część tych wystąpień stanowiły prezentacje ustne, a w czterech wypadkach były to wykłady na zaproszenie; trzykrotnie był również członkiem komitetów organizacyjnych konferencji naukowych.

Z uznaniem należy ocenić umiejętność Habilitanta pozyskiwania funduszy na badania. Tak więc, na bardzo wysoką ocenę zasługuje skuteczność dr. Lewandowskiego w otrzymywaniu prestiżowych grantów (był kierownikiem PRELUDIUM, SONATY oraz grantów MOBILNOŚĆ PLUS oraz FIRST TEAM) i Jego zaangażowanie - jako głównego wykonawcy - w realizację projektów (grant promotorski i OPUS).

Za swą działalność naukową Habilitant otrzymał wiele krajowych nagród, z których wymienię tu tylko niektóre, szczególnie prestiżowe: Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (osiągnięcie naukowe II stopnia), Nagroda im. Aleksandra Zamojskiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego oraz Nagroda im. Włodzimierza Kołosa Rady Wydziału Chemii UW za wyróżnioną pracę doktorską, stypendium START Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za wybitne osiągnięcia naukowe i stypendium dla młodych wybitnych naukowców przyznane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia naukowe. Powyższe dane wskazują bez żadnych wątpliwości, że aktywność naukowa dr. Lewandowskiego i Jego dokonania są znaczące i zasługują na bardzo wysoką ocenę.

---

<sup>1</sup> Należy w tym miejscu zaznaczyć, że od czasu złożenia dokumentów pojawiły się dwie kolejne publikacje Habilitanta, w których jest autorem korespondencyjnym:

1. P. Szustakiewicz, G. González-Rubio, L. Scarabelli, W. Lewandowski, Robust Synthesis of Gold Nanotriangles and their Self-Assembly into Vertical Arrays, *ChemistryOpen* **2019**, *8*, 705.
2. P. Szustakiewicz, N. Kolsut, A. Leniart, W. Lewandowski, Universal Method for Producing Reduced Graphene Oxide/Gold Nanoparticles Composites with Controlled Density of Grafting and Long-Term Stability, *Nanomaterials* **2019**, *9*, 602.

**Osiągnięcia dydaktyczne, popularyzacja nauki.** Dr Lewandowski aktywnie uczestniczy w procesie dydaktycznym naszego Wydziału, rzetelnie wypełniając ciężące na nim obowiązki adiunkta. Na szczególne podkreślenie zasługuje prowadzenie przez Niego wykładu kursowego „Metody identyfikacji związków organicznych B” (od 2018 r.); również od 2018 r. jest koordynatorem laboratorium „Chemia organiczna”. Prowadzi liczne zajęcia laboratoryjne i proseminaria w języku angielskim. Habilitant był ponadto opiekunem pracy licencjackiej i czterech prac magisterskich, a także pełnił funkcje promotora 11 prac licencjackich oraz jednej magisterskiej. Warte podkreślenia jest recenzowanie przez Niego wielu prac licencjackich i magisterskich broniących na Wydziałach Chemii i Biologii UW. Będąc przy temacie recenzji, trzeba koniecznie wspomnieć w tym miejscu o recenzowaniu przez Habilitanta kilku wniosków badawczych European Research Council i dużym wysiłku związanym z oceną ponad 70 wniosków badawczych Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej.

Bez specjalnej przesady można stwierdzić, że Habilitant jest jednym z najbardziej zaangażowanych pracowników naszego Wydziału, jeśli rozpatrywać działania w zakresie popularyzacji nauki oraz samego Uniwersytetu Warszawskiego. Wspomnę tu tylko o niektórych polach Jego szerokiej aktywności, obejmujących udział w Piknikach Naukowych, Festiwalach Nauki, wywiady radiowe, Wykłady z Ciekawej Chemii oraz coroczną pracę z uzdolnioną młodzieżą licealną w ramach Funduszu na Rzecz Dzieci.

**Wniosek końcowy.** Dr Lewandowski wykazał w swych badaniach pełną dojrzałość naukową, cenną umiejętność stawiania hipotez, wytyczania interesujących celów badawczych i zdolność do samodzielnej realizacji tych zaplanowanych badań oraz rozwiązywania pojawiających się przy tej okazji problemów. Zgromadził On bardzo wartościowy, charakteryzujący się dużym stopniem naukowej oryginalności, dorobek naukowy z zakresu syntezy dynamicznych nanomateriałów plazmowych o niezwykle interesujących właściwościach. Reasumując, wysoko oceniam Jego dorobek publikacyjny, znaczące osiągnięcia dydaktyczne oraz ponadprzeciętne zaangażowanie w popularyzację nauki.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam więc w konkluzji, że przedstawiony mi do oceny wydzielony cykl publikacji, będący podstawą wniosku habilitacyjnego, dorobek naukowy oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne dr. Wiktora Lewandowskiego całkowicie spełniają wszystkie kryteria formalne jakościowe i ilościowe stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego, w szczególności sformułowane w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r.* wraz z późniejszymi zmianami. Przedkładam zatem Radzie Wydziału Chemii wniosek o dopuszczenie dr. Wiktora Lewandowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Warszawa, 15 lipca 2013 r.

*R. Liciński*