

Recenzja

osiągnięcia naukowego pt. **„Projektowanie, synteza i badanie organicznych materiałów samoporzadkujących się dla zastosowań spoza widzialnego zakresu promieniowania elektromagnetycznego”**

oraz całokształtu dorobku **dr inż. Jakuba Hermana**

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne

Oświadczenie

Powyższa opinia została sporządzona na podstawie materiałów przygotowanych przez Habilitanta, przy uwzględnieniu kryteriów oceny zawartych w art. 221 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz.574). W związku z powierzeniem mi przez Radę Doskonałości Naukowej funkcji recenzenta w tym postępowaniu oświadczam, że zgodnie z paragrafem 2 punkt 2 Umowy o Dzieło, nieznane mi są żadne okoliczności uniemożliwiające przygotowanie przez mnie kompetentnej i bezstronnej opinii o dorobku zawodowym Kandydata.

Podstawowe dane o Kandydacie

Dr inż. Jakub Herman jest absolwentem i pracownikiem Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie. Studia ukończył w 2010 roku na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT, specjalność materiały niebezpieczne i ratownictwo chemiczne. W 2015 roku obronił z wyróżnieniem pracę doktorską zatytułowaną „Synteza nowych nematogennych pochodnych oligofenyli i tolanów o dużej dwójłomności.” Zarówno praca magisterska jak i doktorska zostały wykonane pod kierunkiem płk dr hab. inż. Przemysława Kuli prof. WAT. W marcu 2015 roku został zatrudniony na etacie asystenta naukowo-dydaktycznego w Zakładzie Chemii WAT, a poczynając od marca 2016 do chwili obecnej pracuje tamże na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego.

Dr inż. Jakub Herman złożył 07 06 2022 do Rady Doskonałości Naukowej wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Ocena osiągnięcia naukowego przedłożonego w celu uzyskania stopnia doktora habilitowanego

Podstawowym osiągnięciem przedstawionym przez Habilitanta jest cykl dwunastu artykułów opublikowanych w latach 2017-2022 zatytułowany: „Projektowanie, synteza i badanie organicznych materiałów samo-porządkujących się dla zastosowań spoza widzialnego zakresu promieniowania elektromagnetycznego”.

Większość dotychczas znanych substancji ciekłokrystalicznych została zsyntetyzowana z myślą o urządzeniach pracujących w zakresie światła widzialnego. Głównym celem badań przedstawionych przez Habilitanta było opracowanie nowych materiałów nematycznych, które można by wykorzystać w innych zakresach promieniowania. Szczególnie interesujący jest zakres bliskiej i średniofalowej podczerwieni (NIR i MWIR) w kontekście zastosowania w dziedzinach takich jak komunikacja światłowodowa lub obrazowanie biomedyczne, także ze względu na konstrukcje aparatury do zastosowań militarnych. Podstawowym problemem przy próbach użycia w tym celu tradycyjnych materiałów ciekłokrystalicznych okazał się brak ich przejrzystości w wymienionych zakresach, ze względu na absorpcję promieniowania przez wiązania znajdujące się w cząsteczkach mezogenów, a przede wszystkim wiązania węgiel-wodór. Tę przeszkodę można pokonać wprowadzając do cząsteczki zamiast atomów wodoru cięższe podstawniki na przykład deuter, fluor lub chlor i starannie dobierając grupy funkcyjne.

Nad takimi rozwiązaniami pracował dr inż. Jakub Herman w ostatnich latach. Bazując na znanych elementach strukturalnych stosował rozmaite ich kompilacje często poprzedzając je obliczeniami prognozującymi rezultaty doświadczeń. Badania zaowocowały nie tylko otrzymaniem wielu nieznanych dotąd mezogenów, lecz także opracowaniem nowych metod syntezy.

Projektując cząsteczki mezogenów Habilitant posiłkował się przede wszystkim układami oligofenyłowymi, przy czym niektóre z nich zawierały dodatkowo fragmenty tolanowe lub ugrupowanie estrowe. Pierścienie aromatyczne wszystkich badanych związków były podstawione bocznie atomami fluoru lub chloru, co wywierało istotny wpływ na właściwości mezomorficzne (docelowym obiektem były nematyki), dielektryczne i lepkość. Dwie prace (H1 i H12) koncentrują się na możliwości zastąpienia deuterem atomów wodoru w grupach alkilowych. W publikacji H1 syntezy były wykonywane w skali do kilkunastu gramów z użyciem głównie wody ciężkiej lub gazowego deuteru. Ta druga metoda polegała na addycji deuteru, generowanego *in situ* podczas elektrolizy ciężkiej wody, do wiązań wielokrotnych węgiel-węgiel. Doświadczenie osiągnięte w syntezie deuteropochodnych pozwoliło na dwie modyfikacje częściowo deuterowanych alkiloizotiocyanianoterfenyli wykazujących wyższą stabilność fotochemiczną niż odpowiedniki wodorowe, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej anizotropii optycznej (H12).

Deuterowane wersje ciekłych kryształów, które były badane w pracy H1, wykazały znacznie zmniejszoną absorpcję w porównaniu z wodorowymi odpowiednikami, zwłaszcza w zakresie NIR. Natomiast inne właściwości, interesujące z punktu widzenia aplikacyjnego, były zbliżone dla obu grup związków. Logiczną konsekwencją tej obserwacji jest cykl prac H2-H5, których zadaniem było wyselekcjonowanie standardowych ciekłych kryształów o pożądanych właściwościach, a dopiero potem otrzymanie ich perdeuterowanych analogów. W tym celu przeprowadzono szereg

syntez pochodnych oligofenyli w różny sposób lateralnie podstawionych atomami fluoru oraz chloru. Główną reakcją zastosowaną do ich otrzymania było sprzęganie Suzukiego-Miyaura, do którego wykorzystano odpowiedni kwas 4-alkilobifenylboronowy oraz halogenki arylove. Kolejne artykuły rozważają efekty modyfikacji rozmaitych elementów składowych cząsteczek. H2 rozpatruje na przykładzie alkiloterfenyli wpływ bocznego podstawienia fluorem. Obiektem analizy był m.in. wpływ wzrostu kątów torsyjnych pomiędzy pierścieniami benzenowymi sztywnego rdzenia pod wpływem obecności fluoru na destabilizację fazy nematycznej. W pracy H4 korzystne rezultaty przyniosło zastąpienie jednego lub dwóch pierścieni aromatycznych pierścieniem cykloheksylowym. W H5 tematem przewodnim było otrzymanie materiałów ciekłokrystalicznych pozwalających na skrócenie czasu t_{OFF} za pomocą techniki sterowania dwiema częstotliwościami. W tym celu zostały zsyntetyzowane i scharakteryzowane dwadzieścia dwie ciekłokrystaliczne fluorowcowane pochodne cyjanoterfenyli i na ich bazie powstała mieszanina o zakresie nematycznym rzędu 140°C i wysokiej dwójtomności. Dopiero po sprawdzeniu tych korelacji Habilitant przystąpił do syntezy pochodnych perdeuterowanych – były to związki dielektrycznie ujemne i dodatnie z grupy bifenyli i terfenyli (H3). Syntetyzowane materiały o wysokiej transparentności w obszarze NIR otrzymywano w skali multigramowej i z wysoką czystością izotopową.

Kolejne trzy prace (H6, 7 i 8) stanowią cykl zatytułowany *Liquid Crystals for IR*. Tym razem obiektem zainteresowania były związki zawierające nietypowe – jak na mezogeny - grupy końcowe CF_3 , OCF_3 , F, Cl. W rezultacie braku protonów alifatycznych w grupach terminalnych osiągnięto także redukcję absorpcji otrzymanych związków w zakresie MWIR.

Dwie pierwsze publikacje opisują syntezę około 60 związków o rdzeniu mezogenicznym oligofenylowym, tolanowym, fenylotolanowym i bistolanowym. Przeanalizowano wpływ długości rdzenia, rodzaju i położenia podstawników bocznych (H,F,Cl, OCF_3) i terminalnych w rdzeniu cząsteczkowym na właściwości mezomorficzne, temperatury i entalpie przemian fazowych. W trzeciej części (H8) zostały przygotowane mieszaniny nematyczne z udziałem wybranych związków z poprzednich dwóch prac. W szczególności dwie z nich MIX-IR4(+) i MIX-IR7(-), różniące się znakiem anizotropii dielektrycznej, jako najbardziej obiecujące aplikacyjnie, miały szeroki zakres temperatur fazy nematycznej, niskie temperatury przejścia Kr-N, odpowiednią lepkość, dwójtomność i anizotropię dielektryczną, a ponadto charakteryzowały się wysoką przezroczystością w zakresie długości fal od 1,25 do 5,0 μm .

Ostatnia modyfikacja polegała na wprowadzeniu do niektórych z poprzednio opisanych struktur łącznika w postaci grupy estrowej. Dwanaście z trzynastu otrzymanych nowych związków (H9), przede wszystkim pochodnych o rdzeniu benzoesanu bifenyli, miało enancjotropowe fazy ciekłokrystaliczne; część z nich również smektyczną. Z punktu widzenia utworzenia fazy nematycznej optymalna liczba atomów fluoru w sztywnym rdzeniu nie powinna być większa niż dwa.

W publikacjach H10 i H11 Habilitant partycypował przygotowując wysokodwójtomne mieszaniny nematyczne LC1917, LC2020 składające się ze związków z terminalną grupą izotiocyjanianową. W ramach współpracy z Uniwersytetem Colorado w Colorado Springs mieszaniny te zbadano w prototypowych urządzeniach przestrajalnych pracujących w obszarze częstotliwości fal milimetrycznych.

Podsumowując cykl powyższych publikacji należy stwierdzić, że stanowią one spójną całość i przedstawiają szereg cennych modyfikacji ukierunkowanych na zwiększenie transparentności związków ciekłokrystalicznych w zakresach bliskiej i średniofalowej podczerwieni. Dodatkowo ich syntezy opisano w skali do kilkudziesięciu gramów, co w tym przypadku oznacza ilość na miarę technologiczną. Artykuły te ukazały się w *Materials* (dwa), *Journal of Molecular Liquids* (trzy), *Liquid Crystals* (cztery) oraz po jednym w *Fluid Phase Equilibria*, *Physical Review Applied*, *Microwave i Optical Technology Letters*, a sumaryczna wartość ich IF wynosi 46,157. Wszystkie prace są wieloautorskie przy czym dziewięć z nich ma charakter *stricte* chemiczny i dotyczy nowych materiałów ciekłokrystalicznych, a pozostałe trzy zajmują się głównie praktycznym zastosowaniem otrzymanych związków. W tym kontekście dziwi mnie, że dr Herman jest tylko w jednej z nich autorem pierwszym i korespondującym. Być może scedował korespondencję na doktorantkę, p. Martę Pytlarczyk, dla której był promotorem pomocniczym (H2, 3 i 12).

Zgodnie z oświadczeniami współautorów wkład Habilitanta w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań, współudziale w opracowaniu metodologii i wykonaniu syntezy oraz części badań optycznych oraz sformułowaniu składu mieszanin. Do tych, po części manualnych, aktywności należy dołączyć interpretację wyników, przygotowanie manuskryptu, a także kierowanie zespołem – badania były finansowane przez NCBiR w ramach grantu, którego dr Herman był kierownikiem. Zatem tę część dorobku Habilitanta należy uznać za osiągnięcie naukowe spełniające wymogi ustawy.

Ocena innych elementów dorobku zawodowego

Publikacje dr Hermana nie wchodzące w skład osiągnięcia (jest ich 43, w tym 26 po doktoracie) można podzielić na dwie grupy. Jedna związana jest z syntezą mezogenów pochodnych tolanów, bistolanów i terfenylu. Założeniem tych syntez było otrzymanie związków o konkretnych właściwościach np. dielektrycznych lub o dużej dwójłomności albo monomerów stabilizujących fazy smektyczne. Tej ostatniej dziedziny dotyczyły prace wykonane w ramach doktoratu pani Eweliny Dmochowskiej. Druga grupa to publikacje, w których badano możliwości praktycznego zastosowania związków lub mieszanin w zależności od ich właściwości. Istotną rolę odgrywa tu dwójłomność mezogenu, a interesującym kierunkiem wydaje się być regulowanie jej za pomocą nanocząstek, których obecność ma wpływ na parametr uporządkowania. W tym przypadku materiały syntezowane przez Habilitanta stanowiły matrycę ciekłokrystaliczną. Z tematem habilitacji bezpośrednio związane są dwa artykuły - zajmujące się interferometrem Fabry'ego-Pérota dla MWIR oraz alkomatem pracującym w tym samym zakresie. Z 26 artykułów, które ukazały się po doktoracie, 23 zostały opublikowane w czasopismach JCR.

Ważną pozycję w dorobku zawodowym Habilitanta zajmują projekty badawcze, którymi kierował lub w których uczestniczył jako wykonawca. W latach 2012-2013 oraz 2016-17 był kierownikiem dwóch grantów wewnętrznych (Rozwój Młodych Naukowców RMN 08-714 i 08-794), a następnie w latach 2016–2020 kierownikiem grantu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa: „Przyszłościowe technologie dla obronności; opracowanie unikalnego przestrajalnego

medium optycznego dla bezpiecznej łączności światłowodowej”. Warto też zauważyć, że Habilitant od chwili ukończenia studiów pracował jako wykonawca w 11 grantach – co znalazło odbicie w liczbie i wachlarzu publikacji. W latach 2013-16 dr inż. Jakub Herman wchodził w skład zespołu naukowego koordynującego projekt COST IC 1208.

Dr inż. Jakub Herman ma także na koncie jeden patent międzynarodowy i jedno zgłoszenie patentowe z dziedziny ciekłych kryształów oraz liczne wystąpienia na konferencjach krajowych i zagranicznych - siedem wystąpień ustnych i kilkadziesiąt plakatowych. Otrzymał też nagrody w tym za pracę doktorską z dziedziny ciekłych kryształów (PTC, 2016) oraz za najlepszą prezentację posterową na konferencji w Hong-Kongu (2017).

Badania prowadzone przez Habilitanta wymagają współpracy ze specjalistami z innych dziedzin – przede wszystkim z fizykami i z przemysłem. Toteż umiejętnie współdziała On nie tylko z Kolegami z innych jednostek WAT, lecz także z wieloma ośrodkami zagranicznymi co przekłada się na listę współautorów publikacji. Dr inż. Jakub Herman odbył jeszcze podczas studium doktoranckiego cztery krótkoterminowe staże naukowe, poświęcone głównie badaniu syntetyzowanych w WAT ciekłych kryształów. Po uzyskaniu stopnia doktora odbył również krótkoterminowy staż w Institute of Physics of the Czech Academy of Science oraz kilka wizyt w laboratoriach firm i korporacji wykorzystujących lub produkujących materiały ciekłokrystaliczne, z którymi wspólnie realizował projekty badawcze (na przykład Jasper Display Corp, DIC Corp. lub Nikon and Essilor International Joint Research Center Co. Ltd) pozostające w ścisłym związku ze znaczeniem które przywiązuje do aplikacji ciekłokrystaliczna grupa badawcza WAT.

Sumaryczny IF dla wszystkich 56. opublikowanych prac dr inż. Jakuba Hermana (49 po uzyskaniu stopnia doktora) wynosi 145,534 (2970 pkt MNiSW), liczba cytowań bez autocytowań wg bazy Web of Science 746 (574 bez autocytowań), a indeks Hirscha wg Web of Science 16 (bez autocytowań - 13). Dorobek taki moim zdaniem zasługuje na miano solidnego tym bardziej, że dr inż. Jakub Herman publikuje praktycznie wyłącznie w czasopiśmie z listy JCR. Pewnym mankamentem w tych dokonaniach jest brak samodzielnej pracy przeglądowej dotyczącej tematyki, którą Habilitant zajmuje się już kilkanaście lat.

Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Pracując od 2015 roku jako nauczyciel akademicki dr inż. Jakub Herman prowadził różnego typu zajęcia na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT. Były to ćwiczenia audytoryjne oraz laboratoryjne z Chemii Organicznej oraz Chemii Organicznej II, a od 2016 roku również wykład dla studentów I oraz II stopnia, ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu Analiza Instrumentalna, oraz zajęcia z przedmiotów specjalistycznych w języku angielskim, tj. *Fundamentals of Chromatography* oraz *Synthesis of Liquid Crystals* – obydwie kursy dla studentów II stopnia kierunku Chemia oraz studentów wymiany LPP Erasmus.

Dr inż. Jakub Herman był promotorem pomocniczym w dwóch zakończonych przewodach doktorskich dr inż. Marty Pytlarczyk oraz dr inż. Eweliny Dmochowskiej, a obecnie pełni tę funkcję w przewodzie doktorskim mgr inż. Jakuba Karcza. Ponadto prowadził 18 prac dyplomowych (inżynierskich oraz magisterskich), głównie z dziedziny ciekłych kryształów.

Stosunkowo najskromniej na tle innych omówionych powyżej znaczących osiągnięć Habilitanta wyglądają jego działania organizacyjne i popularyzatorskie. Habilitant był członkiem Rady Wydziału Nowych Technologii i Chemii WAT – przedstawicielem z grona nauczycieli akademickich nie będących samodzielnyimi pracownikami naukowymi (od 2016 do 2020). Jako aktywności poza Uczelnią można wymienić udział w pracach komitetu organizacyjnego 15-tej Europejskiej Konferencji Ciekłokrystalicznej ECLC 2019 (European Conference on Liquid Crystals) – 30 czerwiec - 05 lipiec 2019 (wyrazem uznania była tu nagroda Rektora WAT w 2020 roku) oraz dwukrotne promowanie w 2019 roku rozwiązań innowacyjnych wykorzystujących wyniki badań naukowych na Międzynarodowych Targach– EUROPOLTECH, i Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego MSPO. Od 2018 roku dr inż. Jakub Herman jest członkiem Polskiego Towarzystwa Ciekłokrystalicznego.

Oceniając sumarycznie osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne Habilitanta bez wątplenia należy jednak stwierdzić, że dr inż. Jakub Herman ma w pełni zadawalający dorobek jako nauczyciel akademicki i pracownik Uczelni.

Wniosek końcowy

Przedłożone do recenzji dokumenty dotyczące postępowania o nadanie Panu dr inż. Jakubowi Hermanowi stopnia doktora habilitowanego pozwalają mi stwierdzić, że spełnione są wszystkie wymagania stawiane ubiegającym się o ten stopień w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne, przewidziane w ustawie o szkolnictwie wyższym i nauce art. 219 ust. 1 pkt. 1-3. Wobec tego wnioskuję do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki chemiczne o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

E. Biały - Floryanczyk