

Lublin, 15.03.2024

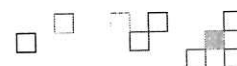
## Recenzja

osiągnięcia naukowego w formie cyklu publikacji pod tytułem „Chiralne molekuly na podłożach metalicznych: badania w nanoskali” Pana dr. Pawła Krukowskiego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

### 1. Podstawowe informacje o Kandydacie

Pan dr Paweł Krukowski uzyskał tytuł zawodowy magistra w zakresie fizyki doświadczalnej na Wydziale Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego w roku 2004. Dalsze kształcenie odbywał w ramach studiów doktoranckich na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej (WFiIS) UŁ (lata 2005-2009). W dniu 23 września 2009 roku, decyzją Rady Wydziału WFiIS, Pan dr P. Krukowski otrzymał stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki. Stopień ten Rada nadała na podstawie rozprawy „Badania warstw molekuł organicznych zawierających stabilne wolne rodniki osadzonych na podłożu Au(111) i HOPG(0001)”, której promotorem był Pan dr hab. Wielisław Olejniczak, prof. UŁ. Ponadto w roku 2018, Kandydat ukończył z wynikiem bardzo dobrym roczne podyplomowe studia „MBA dla branży IT” prowadzone przez Wydział Informatyki Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych w Warszawie. Według załączonej dokumentacji Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora, w okresie od października 2009 r. do czerwca 2010 r., był nauczycielem fizyki w Łódzkim VIII L.O. im. Adama Asnyka. Kolejne lata aktywności zawodowej Pana dr. P. Krukowskiego związane są dłuższym pobytem zagranicznym w dwu japońskich ośrodkach badawczych. Pierwszą z tych jednostek był Institute of Solid State Physics, University of Tokio, gdzie w latach 2010-2012 pracował naukowo jako postdoc w ramach programu



„JSPS Postdoctoral Fellowship for Foreign Researchers”. Kolejne trzy lata, to jest od kwietnia 2013 r. do marca 2016 r., spędził w Department of Precision Science and Technology, University of Osaka, zatrudniony jako „specially appointed scientist”. Po powrocie do kraju Pan dr. P. Krukowski swoją dalszą karierę naukową związał z Uniwersytetem Łódzkim. Początkowo został zatrudniony na stanowisku fizyka w Katedrze Fizyki Ciała Stałego WFiIS (lata 2015-2016) a następnie pracował tam jako adiunkt naukowy (od maja 2017 r. do maja 2022 r.) i do chwili obecnej jako adiunkt badawczo-dydaktyczny.

## **2. Informacje o ocenianych osiągnięciach naukowych**

Osiągnięciem naukowym Kandydata stanowiącym podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, o których mowa w punkcie b) Art 291.1.1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Cykl ten zatytułowany jest „Chiralne molekuly na podłożach metalicznych: badania w nanoskali” i obejmuje sześć artykułów o sumarycznym współczynniku Impact Factor równym 30,006 (525 pkt. MNiSW). Wspomniane prace opublikowane zostały na łamach czasopism, takich jak: Journal of Physical Chemistry C (H2, H3, H4, H6), Applied Surface Science (H1) i International Journal of Molecular Sciences (H5). Według podanych informacji cytowane były łącznie 49 razy. Czasopisma, w których wyniki swych badań prezentował Kandydat należą do grupy ważnych periodyków z zakresu chemii fizycznej i fizykochemii powierzchni. Współczynniki IF dla czasopism cyklu H1-H6 wynoszą odpowiednio (w roku opublikowania): Journal of Physical Chemistry C – od 4.177 do 4.536; Applied Surface Science – 6.700; International Journal of Molecular Sciences – 5.600. Według informacji podanych we wniosku i oświadczeń współautorów, Pan dr. P. Krukowski był głównym pomysłodawcą wszystkich prac H1- H6. Jak opisuje, jego wkład w powstanie tych publikacji był wiodący (H1, H2, H4 - H6) lub też bardzo duży (H3) i każdorazowo wiązał się z wykonaniem odpowiednich pomiarów eksperymentalnych. Kandydat występuje jako pierwszy autor w pracach H1, H2, H5 i H6 i jest w nich jednocześnie autorem korespondującym. W artykułach H3 i H4 znajduje się odpowiednio na trzeciej i drugiej pozycji listy autorów. Zestawione powyżej dane pozwalają mi stwierdzić, że wkład Pana dr. P. Krukowskiego w przygotowanie publikacji H1-H6 był dominujący i pełnił On przewodnią rolę w realizacji badań.

Całkowity dorobek naukowy Pana dr. P. Krukowskiego obejmuje 30 pozycji indeksowanych w bazie Journal Citation Reports. Sześć z tych artykułów zostało obliczonych przed uzyskaniem stopnia doktora (pozycje A1-A6, Wykaz osiągnięć) a 18, nie ujętych w cyklu prac H1-H6,

po uzyskaniu tego stopnia. Jak podaje prace te były cytowane łącznie 241 razy (200 razy bez cytowań własnych). Indeks Hirscha Autora równy jest 9.

Zagadnienia naukowe, które porusza Pan dr P. Krukowski w cyklu swoich sześciu artykułów (H1-H6) należą do fundamentalnych problemów związanych z właściwościami cząsteczek chemicznych a ujmując sprawę szerzej, z naturą otaczającej nas materii. Pytanie czy i w jakim stopniu obiekt fizyczny i jego lustrzane odbicie (w tym cząstki elementarne i struktury atomowe/molekularne) wykazują odmienne cechy i oddziaływania ma kluczowe znaczenie między innymi dla zrozumienia samoorganizacji struktur molekularnych (zwłaszcza biostruktur) i sposobów ich funkcjonowania.

W wyodrębnionej części badań opisanej w pracach H1-H6 Pan dr P. Krukowski skoncentrował się na powstawaniu struktur tworzonych przez cząsteczki chiralne (głównie pochodne heptahelicenu), które nie pełnią funkcji biochemicznych ale wykazują niezbędne cechy umożliwiające identyfikację mechanizmów rządzących samoorganizacją molekuł chiralnych. Swoje badania realizował w układach o zredukowanym wymiarze, umieszczając cząsteczki na krystalicznej powierzchni adsorpcyjnej. Ten pomysłowy zabieg ten pozwolił na bezpośrednie obrazowanie powstających struktur i monitorowanie ich właściwości za pomocą odpowiednich technik spektroskopowych (np. XPS czy rozpraszanie ramanowskie). Chcę w tym miejscu podkreślić, że tematyka badawcza wybrana przez Kandydata jest bardzo aktualna i ma oprócz walorów czysto poznawczych znaczenie praktyczne – związane z wytwarzaniem warstw adsorpcyjnych o kontrolowanych właściwościach optycznych, katalitycznych itp.. Dla przykładu, z praktycznego punktu widzenia istotne jest np. czy zaadsorbowane enancjomery utworzą struktury mieszane czy też dojdzie do powierzchniowej separacji tych cząsteczek. Wspomniane efekty wpływają bardzo silnie na budowę warstwy powierzchniowej i z tego powodu mogą być wykorzystane np. w usprawnianiu metod kontrolowanej separacji cząsteczek chiralnych. Eksperymentalne badania wpływu chiralności molekularnej w adsorpcji i samoorganizacji cząsteczek w ograniczonej przestrzeni należą do unikatowych w skali światowej (np. K. Ernst, R. Raval, A. Gelman, S. DeFeyer), co wynika z bardzo wysokich wymagań odnośnie aparatury i kompetencji osób przeprowadzających pomiary. Do tego grona badaczy należy niewątpliwie Pan dr P. Krukowski, który w prezentowanych badaniach wykazał się rzetelnością naukową poparta dużą precyzją obserwacji i trafną interpretacją otrzymywanych danych.

W pierwszym z cyklu artykułów (H1) Autor omówił wyniki dotyczące samoorganizacji pochodnych siarkowych helicenu zbudowanych z pięciu ([5]TH) i siedmiu pierścieni ([7]TH) benzenowych i tiofenowych na powierzchni Ag(111). Rezultaty uzyskane dla odpowiednich mieszanin racemicznych wykazały odmienny sposób w jaki enancjomery tych związków tworzą uporządkowane (również racemiczne) struktury zaadsorbowane. Ciekawą obserwacją było powstawanie kilku domen polimorficznych mniejszej z molekuł, [5]TH, kontrastujące z formowaniem pojedynczej struktury typu zig-zag przez cząsteczki większe, [7]TH. Autor zademonstrował istotną zależność architektury powstających domen od wielkości cząsteczki-budulca, to jest liczby pierścieni molekuly TH. Efekt ten

przypisał stereospecyficznym oddziaływaniom pomiędzy enancjomerami, ulegającym silnym modyfikacjom wraz ze wzrostem liczby pierścieni cząsteczki. Dodatkowo wykazał fizyczny charakter

adsorpcji [5]TH, który umożliwia słabsze wiązanie tego związku z powierzchnią Ag, a co za tym idzie większą swobodę konformacyjną skutkującą polimorfizmem. Pan dr P. Krukowski wykonał szereg precyzyjnych pomiarów STM o dużej rozdzielczości, pozwalających na określenie konfiguracji absolutnej zaadsorbowanych cząsteczek. Do wyjaśnienia obserwowanych efektów wykorzystał dodatkowo technikę XPS oraz spektroskopię Ramana (SERS). Warto podkreślić równoległe zastosowanie metod teoretycznych, to jest obliczeń kwantowych DFT, które w połączeniu ze spektroskopią SERS pozwoliły na identyfikację chemiczną zaadsorbowanych składników. Do oryginalnych rozwiązań zaliczyć trzeba metodę „trench SERS”, którą zaproponował Autor w celu wzmocnienia sygnału SERS z układów adsorpcyjnych badanych za pomocą STM i kontroli stabilności termicznej osadzanych molekuł.

Dalsze badania Autora dotyczyły efektów związanych z geometrią powierzchni adsorpcyjnej. W pracy H2 opisał wyniki uzyskane dla cząsteczki [7]TH wzbogaconej o terminalne grupy aldehydowe ([7]TH-dial), której samoorganizację śledził na kilku powierzchniach o różnej symetrii, to jest Au(111), Cu(001) i NiAl(110). Obrazowanie STM wykonane przez Pana dr. P. Krukowskiego wykazało silny wpływ architektury podłoża na sposób upakowania molekuł w odpowiednich warstwach racemicznych. Ciekawym efektem było tworzenie podwójnych i pojedynczych rzędów enancjomerów na kryształach Au(111) i całkowity brak takiego uporządkowania charakteryzujący dwie pozostałe powierzchnie. Do dokładniejszej analizy badanych układów wykorzystał pomiary emisji światła indukowanego lokalnie ostrzem sondy STM. Rozszerzenie tej metody zostało opisane w kolejnej pracy H3, w której Autor wykazał, że technika SERS pozwala na dokładną identyfikację chemiczną enancjomerów [7]TH-dial zaadsorbowanych na powierzchni złota. Bardzo ważnym rezultatem tej fazy badań było zademonstrowanie możliwości lokalnego indukowania za pomocą ostrza STM (Ag) reakcji katalitycznych takich jak np. selektywne odwodornienie pierścienia benzenowego.

Pan dr P. Krukowski wykonał dodatkowo komplementarne eksperymenty dotyczące samoorganizacji cząsteczek typu [7]TH w układach enancjomerycznie czystych. Mam tu na myśli pomiary przeprowadzone dla warstw jednoskładnikowych zawierających pojedynczy enancjomer (M)-[7]TH-diol (z terminalnymi grupami hydroksylowymi). W pracy H4 znaleźć możemy wyniki otrzymane dla odpowiednich układów uformowanych na podłożu Au(111), a w kolejnej publikacji H5 analogiczne rezultaty, tym razem uzyskane dla powierzchni Au(111) pokrytej fullerenową warstwą buforową. Pierwsza z tych prac koncentruje się na głównie na geometrii otrzymanych struktur i pokazuje, że dla (M)-[7]TH-diol preferowanym typem uporządkowania (wysokie pokrycia)

są podobne do obserwowanych wcześniej (H1-H3) podwójne rzędy cząsteczek. Jak zaproponował Autor, architektura tego typu, zakładająca dwie odmienne orientacje cząsteczek, powstaje dzięki nieobecności silnych wiązań wodorowych pomiędzy grupami hydroksylowymi tych molekuł. W drugim z artykułów, H5, uwaga Pana dr. P. Krukowskiego skupiła się na właściwościach spektroskopowych badanych układów, to jest na emisji światła indukowanej ostrzem sondy skanującej (STM-LE). Interesującym rezultatem była wyraźna redukcja emisji światła plazmonowego z modyfikowanej powierzchni Au(111), skutkująca poprawą kontrastu luminescencji (M)-[7]TH-diol umożliwiającą dokładniejszą analizę przejść wibracyjnych w tej cząsteczce.

Tematyczny cykl prac zamyka pozycja H6 opisująca wyniki badań samoorganizacji innej molekuly, PTCDI, w enancjomerycznie czystych warstwach zaadsorbowanych na powierzchniach Au(111) i NiAl(110). W pracy tej Autor zamieścił rezultaty obrazowania STM wspomnianych układów, którym towarzyszyły odpowiednie dane STM-LE. Do interesujących konkluzji tej części badań należy wyraźny wpływ geometrii powierzchni na zdolność cząsteczek (S)-PTCDI do tworzenia uporządkowanych domen – podobny do zależności o obserwowanych wcześniej dla cząsteczki [7]TH-dial (H2). Dodatkowo, wspomnieć należy pojawiający się silny efekt tłumienia światła plazmonowego z powierzchni Au(111) pokrytej PTCDI oraz wzmocnienie emisji światła molekularnego w przypadku klasterów tej cząsteczki na powierzchni NiAl(110).

Podsumowując, sądzę, że oceniane osiągnięcie naukowe to wartościowy zestaw wyników eksperymentalnych i teoretycznych, które w połączeniu z towarzyszącą im szczegółową interpretacją umożliwiają pełniejsze zrozumienie procesów samoorganizacji cząsteczek chiralnych w warstwach zaadsorbowanych. Sądzę, że rezultaty badań Pana dr. P. Krukowskiego są ważne nie tylko ze względów czysto poznawczych ale również z uwagi na wkład w rozwój metod wytwarzania chiralnych warstw zaadsorbowanych i spektroskopowych technik identyfikacji cząsteczek chiralnych w takich układach. Od strony praktycznej, na szczególne podkreślenie zasługuje opracowanie metodologii pomiarów emisji światła wywołanej ostrzem sondy skanującej, dzięki której możliwym było wykonanie serii precyzyjnych pomiarów właściwości luminescencyjnych molekuł [7]TH i PTCDI. Badania te dostarczyły interesujących wyników o dużym znaczeniu dla rozpoznania mechanizmów rządzących wzrostem racemicznych i homochiralnych struktur zaadsorbowanych. Rezultaty te (prace H1-H6) są podstawą osiągnięcia naukowego Pana dr. P. Krukowskiego, i w mojej ocenie stanowią istotny wkład w rozwój badań nad adsorpcją cząsteczek chiralnych na podłożach metalicznych. Ciekawym uzupełnieniem tych poszukiwań byłoby porównanie wyników uzyskanych dla warstwach enancjomerycznie czystych i racemicznych zawierających ten sam związek chemiczny.

### 3. Informacje o innych osiągnięciach Kandydata

Do pozostałych osiągnięć naukowych Kandydata zaliczyć należy przede wszystkim publikacje dotyczące chemicznej modyfikacji powierzchni grafenu (prace A11, A12, A14, A17, A19 i M2) oraz analizy rozmaitych struktur molekularnych/atomowych powstających na powierzchniach krystalicznych (np. CrN@Cu, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@NiAl, NaCl@Au i innych). Pan dr P. Krukowski jest współautorem dwóch krajowych zgłoszeń patentowych (w r. 2022, główny autor, wkład 45% i w r. 2021, udział 10%). Od czasu uzyskania stopnia doktora był autorem czterech wykładów na zaproszenie (dwie konferencje międzynarodowe) oraz trzech innych wykładów (dwie konferencje międzynarodowe). We wcześniejszym okresie dwukrotnie przedstawiał swoje wyniki na konferencjach międzynarodowych w Krakowie (2005) i Bedlewie (2006). Wygłosił też referat online dla Poznańskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Fizycznego (2023). Pan dr P. Krukowski był autorem osiemnastu posterów (w tym dziesięciu po uzyskaniu stopnia doktora), które prezentował osobiście na konferencjach w kraju i za granicą (Grecja, Japonia, Francja, Czechy, Holandia, Niemcy). Występował ponadto jako współautor bardzo licznych prezentacji posterowych (73 pozycje).

Pan dr P. Krukowski kieruje obecnie projektem badawczym finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki (Sonata Bis 7, lata 2018-2024) oraz interdyscyplinarnym grantem badawczym uzyskanym w ramach konkursu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB, 2023-2025). Projekt ten realizowany jest we współpracy z Wydziałem Chemii UŁ. Kandydat jest ponadto wykonawcą w dwóch projektach Narodowego Centrum Nauki: OPUS 16 (2019-2024) i OPUS 19 (2021-2025). W przeszłości brał wielokrotnie udział w projektach krajowych, jako kierownik (NCN OPUS 11, 2020-2022) i wykonawca (projekt badawczo-rozwojowy MNiSW, 2007-2010; NCN OPUS 10, 2016-2020 i projekt NCBiR 2017-2020) a także jako wykonawca w projekcie Grant-in-Aid for Scientific Research finansowanym przez Japan Society for the promotion of Science. Od roku 2020 uczestniczy aktywnie w konsorcjum „Narodowe Laboratorium Fotowoltaiki” zrzeszającym szesnaście krajowych ośrodków badawczych, które opracowują nowe metody konwersji i magazynowania energii słonecznej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje szereg staży zagranicznych, które Pan dr P. Krukowski odbył w ramach współpracy z ośrodkami naukowymi w Europie i w Japonii. Wspomnieć tu trzeba przede wszystkim ponad trzyletni staż w Department of Precision Engineering, University of Osaka (2013-2016), dwuletni pobyt w Institute for Solid State Physics, University of Tokyo (2010-2012) a także pięciomiesięczny staż Erasmus w Institute for Molecules and Materials, Radboud University of Nijmegen (2006-2007). Do krótszych należą późniejsze wizyty badawcze w instytucjach japońskich: cztery w University of Osaka (od jednego do dwóch miesięcy) i jedna w University of Tokyo (dwa miesiące).

Aktywność dydaktyczna Pana dr. P. Krukowskiego obejmowała prowadzenie zajęć kursowych dla studentów kierunku Informatyka, w tym z przedmiotów: Administrowanie systemami (okres studiów doktoranckich 2005/2006), Sieci komputerowe a także Sterowanie komputerowe i robotyka (rok akademicki 2022/2023). Kandydat był promotorem dwóch prac magisterskich (obecnie jednej) i jednej pracy licencjackiej. Recenzował jednokrotnie pracę inżynierską. Pełnił rolę promotora pomocniczego w jednym przewodzie doktorskim. Podczas pobytu w The University of Osaka był opiekunem laboratoryjnym łącznie sześciu studentów wykonujących prace licencjackie, magisterskie i doktorskie. Pan dr P. Krukowski sprawował opiekę nad dwoma studentami spoza UŁ (Politechnika Łódzka i Uniwersytet Warszawski), którzy odbywali staż naukowy w laboratorium Katedry Fizyki Ciała Stałego oraz nad doktorantem zagranicznym przebywającym w KFCS w ramach programu Erasmus+ Mobility. Kandydat pełnił rolę recenzenta w konkursie „Doktoranckie granty badawcze” organizowanym przez UŁ w ramach subwencji IDUB. Oceniał także wystąpienia posterowe na krajowej konferencji poświęconej mikroskopii skaningowej bliskich oddziaływań (Zakopane 2022).

Pan dr P. Krukowski jest obecnie przedstawicielem do Rady Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej UŁ w grupie nauczycieli akademickich posiadających tytuł doktora. We wcześniejszym okresie odpowiadał za przygotowanie porozumienia o współpracy naukowej i dydaktycznej pomiędzy IFiIS UŁ i Graduate School of Engineering, Osaka University (2018). Pełnił też rolę Koordynatora WFiIS ds. rekrutacji kandydatów z zagranicy (kierunek Nanotechnology, 2017). Główna część Jego działalności organizacyjnej wiąże się z rozbudową i modernizacją laboratorium STM, w ramach której wielokrotnie przygotowywał wnioski zakupowe i specyfikacje techniczne aparatury (ostatnio instalacja i testowanie mikroskopu LT-STM; lata 2022/2023). Na szczególne docenienie zasługuje fakt pozyskania przez Pana dr. P. Krukowskiego mikroskopu STM wraz z osprzętem, który w ramach darowizny przekazał WFiIS prof. Kuwahara z Osaka University (opiekun stażu naukowego Kandydata w Osace).

Do ważnego obszaru aktywności Pana dr P. Krukowskiego należy działalność popularyzatorska, związana z realizowaną tematyką badawczą. Jej przejawem jest między innymi kilka wywiadów, które udzielił dla portali internetowych (np. PAP Nauka w Polsce) i rozgłośni radiowych (audycja Szkiełko i Oko, Radio Łódź). Najszerzej rozpoznawalnym materiałem tego typu jest wywiad opublikowany na łamach internetowych UŁ (aktualności z dn. 08.11.2021), dotyczący pierwszego w Polsce wyświetlacza OLED na bazie grafenu. Rozmowa ta znalazła bardzo szeroki oddźwięk w mediach cyfrowych i była ponownie prezentowana i dyskutowana przez szereg branżowych, popularnonaukowych i biznesowych portali w kraju. Warto w tym miejscu wspomnieć też wcześniejsze zaangażowanie Kandydata w przygotowanie doświadczeń fizycznych, które jeszcze jako doktorant prezentował szerszej publiczności w czasie Pikniku Naukowego w Łódzkiej Manufakturze (2007-2009).

Pan dr P. Krukowski uczestniczył w wielu szkoleniach związanych z Jego zainteresowaniami naukowymi (seria spotkań typu Summer School, pięciokrotnie w latach 2008-2021). Brał udział w kilku kursach z dziedziny informatyki (kursy instruktorskie CISCO CCNA) i techniki próżniowej. Zaliczył ponadto kurs kwalifikacyjny dla nauczycieli czynnych zawodowo (Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, 2010). Za działalność naukową, w roku 2020, otrzymał nagrodę zespołową pierwszego stopnia przyznaną przez rektora UŁ. Wcześniejszymi wyróżnieniami były stypendia Japan Society for the Promotion of Science (staż postdoc, 2010) i Erasmus (2006) oraz „Stypendium wspierające innowacyjne badania naukowe”, które uzyskał ze środków Unii Europejskiej na realizację tematyki badawczej doktoratu (2009). Otrzymał też dwukrotnie nagrodę za najlepszą prezentację posterową.

Kandydat współpracuje z otoczeniem gospodarczym (Towarzystwo Elektrotechnologiczne QWERTY Sp. Z o.o.) w zakresie badań podstawowych na potrzeby druku elektroniki elastycznej. W roku 2021 został powołany na eksperta w dziedzinach nanotechnologia, nauki fizyczne i inżynieria materiałowa w ramach programu regionalnego Fundusze Europejskie dla Łódzkiego (kadencja 2021-2027, decyzja Zarządu Województwa Łódzkiego).

#### **4. Wniosek końcowy**

Informacje przedstawione w ocenianym osiągnięciu naukowym pozwalają mi wyrazić jednoznacznie pozytywną opinię odnośnie nadania Panu dr. Pawłowi Krukowskiemu stopnia doktora habilitowanego. Sądzę, że wyniki badań Autora są znaczącym wkładem w rozwój dyscypliny nauki fizyczne i spełniają wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Ponadto, uważam, że wyniki te poszerzają znacząco wiedzę o procesach samoorganizacji cząsteczek chiralnych na powierzchniach krystalicznych. Dotyczy to zwłaszcza właściwości strukturalnych i luminescencyjnych badanych układów, które analizował Pan dr Paweł Krukowski stosując różnorodne, oryginalne, metody eksperymentalne. Według mojej oceny Kandydat wykazał się istotną aktywnością naukową, która dokumentują przede wszystkim opublikowane przez Niego prace. Biorąc pod uwagę osiągnięcia naukowe zamieszczone we wniosku jestem zdania, że są one w wystarczające do uzyskania przez Pana dr. Pawła Krukowskiego stopnia doktora habilitowanego. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów postępowania o nadanie tego stopnia.

