



Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk

Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
tel. 61 8695 112, 234, fax 61 8684 524
www.ifmpan.poznan.pl

Prof. dr hab. Jadwiga Tritt-Goc

Poznań, 29.06.2026 r.

Recenzja **w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego** **Panu dr. inż. Pawłowi Karpińskiemu**

Podstawowe dane o Kandydacie

Pan dr inż. Paweł Karpiński uzyskał stopień doktora nauk chemicznych uchwałą Rady Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej z dnia 26 marca 2014 roku na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *„Modyfikacja właściwości optycznych matryc ciekłokrystalicznych i polimerowych z wykorzystaniem nanoskopowych struktur plazmonicznych”*, wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzeja Miniewicza.

Kandydat spełnia zatem przesłankę określoną w art. 219 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t. j. Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.), dotyczącą posiadania stopnia doktora przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Tytuł zawodowy magistra inżyniera Habilitant uzyskał na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora, w latach 2014–2018, odbył staże naukowe na Uniwersytecie w Canberrze (Australia) oraz w Göteborgu (Szwecja). Od 2018 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej.

Ocena osiągnięcia naukowego

Pan dr inż. Paweł Karpiński przedstawił jako podstawę postępowania habilitacyjnego dwa osiągnięcia naukowe, na które składa się cykl siedmiu artykułów naukowych. Osiągnięcie I, zatytułowane *„Wytwarzanie i badanie trójwymiarowych struktur optycznych w niecentrosymetrycznych kryształach przy pomocy femtosekundowych impulsów laserowych”*, obejmuje trzy publikacje (A1–A3), natomiast Osiągnięcie II, pt. *„Optyczna manipulacja nanocząstek”*, obejmuje cztery publikacje (B1–B4).

Prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, takich jak *Optical Express* (A1, A2), *Journal of Applied Physics* (A3), *Laser & Photonics Reviews* (B1), *Nano Letters* (B2), *Advanced Optical Materials* (B3) oraz *Small Methods* (B4). Publikacje te są reprezentatywne dla tematyki badawczej Habilitanta, a czasopisma, w których się ukazały, należą do wysoko cenionych w obszarze prowadzonych przez niego badań. Cykl publikacji A1–A3 został opublikowany w latach 2015–2020, natomiast prace B1–B4 ukazały się w latach 2018–2023. Łącznie prace te były cytowane około 100 razy, co świadczy o ich zauważalnym oddziaływaniu i dobrym odbiorze w środowisku naukowym.

Dr Inż. Paweł Karpiński jest jedynym autorem publikacji B3. Pozostałe prace są współautorskie, jednak we wszystkich jest on pierwszym autorem oraz autorem korespondującym. Fakt ten, w połączeniu z oświadczeniami Kandydata oraz współautorów dotyczącymi ich wkładu w powstanie publikacji, pozwala mi stwierdzić, że dr inż. Paweł Karpiński odegrał wiodącą rolę w przygotowaniu cyklu prac stanowiących podstawę obu osiągnięć naukowych.

W związku z powyższym stwierdzam, że oba przedstawione przez dr. inż. Pawła Karpińskiego cykle publikacji spełniają wymagania formalne dotyczące oryginalności osiągnięć naukowych oraz znaczącego wkładu własnego Habilitanta.

Osiągnięcie naukowe I, pt. „*Wytwarzanie i badanie trójwymiarowych struktur optycznych w niecentrosymetrycznych kryształach przy pomocy femtosekundowych impulsów laserowych*” obejmuje cykl trzech publikacji **A1-A3** i dotyczy oddziaływania femtosekundowych impulsów laserowych z niecentrosymetrycznymi kryształami optycznymi oraz wykorzystania tych procesów do diagnostyki, wytwarzania i modyfikacji trójwymiarowych struktur optycznych.

W pracy **A1** przedstawiono eksperymentalną obserwację zjawiska nieliniowej dyfrakcji światła w periodycznie orientowanym kryształcie półprzewodnikowym arsenku galu (OP-GaAs). Autorzy przeanalizowali procesy generacji drugiej harmonicznej związane z różnymi mechanizmami quasi-dopasowania fazowego, identyfikując dyfrakcję Ramana-Natha, Czernkowa oraz Bragga. Istotnym osiągnięciem tych badań było wykazanie możliwości wykorzystania emisji drugiej harmonicznej typu Czernkowa do niedestrukcyjnego obrazowania trójwymiarowej struktury domenowej kryształu. Autorzy opracowali metodę, która umożliwia wizualizację przestrzennego rozkładu nieliniowości optycznej drugiego rzędu χ^2 w objętości materiału bez konieczności jego cięcia, polerowania czy trawienia oraz zaprezentowali trójwymiarowe obrazy struktury domenowej OP-GaAs uzyskane przy użyciu tej techniki.

Publikacje **A2** i **A3** przedstawiają wyniki badań dotyczących wykorzystania ultrakrótkich impulsów laserowych do modyfikacji właściwości optycznych niecentrosymetrycznych kryształów, na przykładzie niobanu litu (LiNbO_3), materiału szeroko stosowanego w optyce nieliniowej.

Publikacja **A2** dotyczy mechanizmów powstawania struktur indukowanych femtosekundowymi impulsami laserowymi, w tym kryształce. Autorzy wykazali, że anizotropia optyczna (dwójłomność) kryształu istotnie wpływa na rozkład energii w ognisku wiązki laserowej, a w konsekwencji na morfologię tworzonych struktur. Opracowany przez nich model teoretyczny opisuje propagację i ogniskowanie wiązki w kryształcie jednoosiowym. Model przewiduje zjawisko rozszczepienia ogniska na dwa lub trzy odrębne maksima intensywności w zależności od orientacji wiązki względem osi optycznej kryształu. Przewidywania modelu zostały potwierdzone eksperymentalnie.

W pracy **A3** wykazano możliwość kształtowania właściwości optycznych kryształów LiNbO_3 , poprzez wytwarzanie samouporządkowanych nanostruktur za pomocą femtosekundowych impulsów laserowych. Powstające nanokratki indukują dodatkową anizotropię optyczną, umożliwiając lokalne przekształcenie kryształu jednoosiowego w sztuczny materiał dwuosiowy.

Najważniejszym rezultatem całego cyklu jest wykazanie, że femtosekundowa obróbka laserowa umożliwia precyzyjne tworzenie i kontrolowanie struktur mikro- i nanometrycznych w objętości kryształów nieliniowych oraz modyfikowanie ich właściwości optycznych. Uzyskane wyniki dostarczyły nowych narzędzi do charakteryzacji struktur domenowych, pogłębiły wiedzę na temat oddziaływania ultrakrótkich impulsów laserowych z kryształami anizotropowymi oraz stworzyły podstawy do kontrolowanego kształtowania właściwości optycznych materiałów niecentrosymetrycznych.

W mojej ocenie przedstawiony cykl publikacji **A1-A3** stanowi istotny wkład do rozwoju fizyki oddziaływania światła z materią, w szczególności optyki nieliniowej i fotoniki. Prace mają

charakter nowatorski, są spójne tematycznie i dokumentują konsekwentny rozwój problematyki badawczej prowadzący od diagnostyki struktur domenowych, poprzez badania mechanizmów femtosekundowej modyfikacji kryształów, aż do świadomego kształtowania ich właściwości optycznych. Uzyskane wyniki w pełni uzasadniają przedstawienie omawianego cyklu, jako osiągnięcie habilitacyjne.

Osiągnięcie naukowe II, zatytułowane „*Optyczna manipulacja nanocząstek*”, obejmuje cykl czterech publikacji **B1–B4**, poświęconych badaniom oddziaływania światła z nano- i mikrocząstkami oraz wykorzystaniu sił optycznych do ich pułapkowania, transportu, rotacji i samoorganizacji.

W pracy **B1** autorzy przedstawili nową metodę trójwymiarowego pułapkowania rezonansowych nanocząstek, wykorzystującą układ przeciwbieżnych wiązek generowanych za pomocą kryształu jednoosiowego i zwierciadła. Zaproponowane rozwiązanie pozwala na kompensację ciśnienia promieniowania, które stanowi główne ograniczenie klasycznych pincet optycznych w przypadku cząstek silnie oddziałujących ze światłem. Autorzy wykazali możliwość stabilnego pułapkowania złotych nanoprętów wykazujących rezonans plazmonowy oraz ich kontrolowanego obracania za pomocą światła. Uzyskano dobrą zgodność wyników eksperymentalnych z modelem teoretycznym opisującym dynamikę układu i rozkład sił optycznych.

Prace B2 i B3 poświęcone są temperaturom efektywnym ruchu obrotowego i translacyjnego nanoobjektów w pułapkach optycznych oraz eksperymentalnej weryfikacji teorii Hot Brownian Motion (HBM).

W pracy **B2** autorzy wykazali, że krzemowe nanopręty o anizotropowym kształcie wykonują w kołowo spolaryzowanej pułapce optycznej szybki ruch obrotowy o częstościach rzędu kilku kiloherców. Na podstawie zależności częstości obrotu od mocy lasera wyznaczono temperaturę ruchu obrotowego nanocząstek, natomiast analizując przesunięcie pasma Ramana określono temperaturę wewnątrz nanoprętów. Uzyskane wyniki dostarczyły ilościowej charakterystyki procesów cieplnych zachodzących w optycznie napędzanych nanoobjektach.

W pracy **B3** Kandydat zbadał jednoczesny ruch obrotowy i orbitalny złotych nanoprętów pułapkowanych za pomocą kołowo spolaryzowanej wiązki Laguerre’a–Gausa. Wykazano, że oba rodzaje ruchu są od siebie niezależne i zachodzą z częstościami charakterystycznymi dla ruchu obrotowego i translacyjnego. Analiza zależności tych częstości od mocy lasera umożliwiła wyznaczenie efektywnych temperatur ruchu obrotowego i translacyjnego nanocząstek. Otrzymane wyniki pozostają w zgodności z przewidywaniami teorii HBM.

W pracy **B4** autorzy wykazali możliwość optycznie sterowanej samoorganizacji mikrocząsteczek polimerowych w propagujące się łańcuchy pełniące funkcję dynamicznych światłowodów, prowadzących światło i jednocześnie podtrzymywanych przez siły optyczne. Właściwości takich struktur zależą przede wszystkim od rozmiaru mikrocząstek i warunków propagacji światła w utworzonym falowodzie. Stwierdzono, że dla propagacji jednomodowej mogą powstawać stabilne łańcuchy złożone z ponad stu mikrocząstek, natomiast propagacja wielomodowa prowadzi do ograniczenia ich długości wskutek występowania zjawiska bicia modów.

W mojej ocenie przedstawiony cykl publikacji **B1–B4** stanowi istotny wkład do rozwoju fizyki oddziaływania światła z materią, w szczególności optomechaniki, nanofotoniki oraz fizyki układów mikro- i nanoskopowych. Prace mają charakter nowatorski, są spójne tematycznie i dokumentują konsekwentny rozwój problematyki badawczej prowadzącej od opracowania nowych metod pułapkowania rezonansowych nanocząstek, poprzez badania dynamiki i procesów cieplnych w optycznie napędzanych nanoobjektach, aż do zjawisk kolektywnej samoorganizacji mikrocząstek pod wpływem sił optycznych. Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę o mechanizmach optycznej manipulacji materią oraz wskazują nowe kierunki rozwoju technik sterowania nano- i mikroobjektami za pomocą światła. Cykl publikacji jest tematycznie spójny, a uzyskane rezultaty w pełni uzasadniają przedstawienie go, jako osiągnięcia habilitacyjnego zatytułowanego „*Optyczna manipulacja nanocząstek*”.

Oba przedstawione cykle publikacji tworzą spójny program badawczy realizowany w obszarze optyki i fotoniki eksperymentalnej. Łączy je wykorzystanie zaawansowanych technik laserowych do badania oddziaływania światła z materią w skali mikro- i nanometrycznej oraz rozwój metod eksperymentalnych służących zarówno badaniom podstawowym, jak i materiałowym. W pierwszym cyklu publikacji Habilitant bada procesy femtosekundowej modyfikacji niecentrosymetrycznych kryształów optycznych, natomiast w drugim koncentruje się na optycznej manipulacji nano- i mikrocząsteczkami oraz badaniu towarzyszących jej procesów mechanicznych i termicznych.

Uważam, że przedstawione osiągnięcia stanowią istotny wkład do rozwoju nauk fizycznych, w szczególności optyki nieliniowej, fotoniki oraz fizyki oddziaływania światła z materią. Prace mają charakter nowatorski, łączą rozwój metod eksperymentalnych z badaniami podstawowymi i materiałowymi oraz dokumentują konsekwentny rozwój naukowy Habilitanta. Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę dotyczącą zarówno femtosekundowej modyfikacji materiałów optycznych, jak i dynamiki nanoobiektów sterowanych światłem, a także dostarczają nowych narzędzi badawczych wykorzystywanych we współczesnej optyce i fotonice.

Stwierdzam, że oba przedstawione przez Habilitanta osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne i tym samym spełniają wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Ocena istotnej aktywności naukowej

Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

Poza publikacjami wchodzącymi w skład osiągnięć habilitacyjnych dr inż. Paweł Karpiński prowadzi badania z zakresu fotoniki, nanofotoniki oraz optyki nieliniowej. Jego dorobek obejmuje m.in. prace dotyczące oddziaływania światła z ciekłymi kryształami i materiałami fotochromowymi, plazmoniki, metapowierzchni oraz dielektrycznych nanorezonatorów.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Kandydat konsekwentnie rozwija swoje zainteresowania badawcze, łącząc zagadnienia z zakresu fizyki światła, nanotechnologii oraz inżynierii materiałowej. Świadczy to o dojrzałości naukowej Habilitanta, jego wszechstronności badawczej oraz umiejętności podejmowania aktualnych i interdyscyplinarnych problemów naukowych.

Dr inż. Paweł Karpiński jest współautorem łącznie 41 publikacji naukowych, z których 30 zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Dorobek ten był cytowany 773 razy, w tym 742 razy z wyłączeniem autocytowań (wg. bazy *Web of Science*, stan na 25 czerwca 2026 r.). Index Hirscha Kandydata wynosi 14.

Habilitant prezentował wyniki swoich badań trzykrotnie w formie zaproszonych wykładów oraz dziesięciokrotnie w formie wystąpień ustnych na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych.

Bardzo wysoko oceniam zaangażowanie dra inż. Pawła Karpińskiego w pozyskiwanie środków finansowych na badania naukowe w drodze konkursów grantowych. W latach 2014–2025 kierował realizacją czterech projektów badawczych. Projekt *Mobilność plus* finansowany był przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, natomiast *Polonez*, *Sonata* oraz *OPUS LAP* finansowane były przez *Narodowe Centrum Nauki*. Obecnie Habilitant kieruje realizacją projektu *Sonata BIS*.

Staże w instytucjach naukowych

Dr inż. Paweł Karpiński odbył dwa długoterminowe staże naukowe w zagranicznych uczelniach. W latach 2016–2018, jako postdoc, prowadził badania w grupie Bionanophotonics kierowanej przez prof. Mikaela Kalla w Department of Physics, Chalmers University of Technology

w Goteborgu (Szwecja). Wcześniej, w latach 2014–2016, realizował staż naukowy w grupie prof. Wiesława Królikowskiego w Laser Physics Center, Research School of Physics, Australian National University w Canberze (Australia).

Efektom prowadzonych podczas tych staży badań są publikacje A2, B1 oraz B2, wchodzące w skład osiągnięć naukowych przedstawionych do oceny w postępowaniu habilitacyjnym.

Podsumowując, stwierdzam, że Habilitant spełnił przesłankę określoną w art. 219 ust.1 pkt 3 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wykazując się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.

Ocena osiągnięć dydaktycznych i popularyzatorskich

Dr inż. Paweł Karpiński posiada doświadczenie dydaktyczne, obejmujące prowadzenie wykładów oraz ćwiczeń z fizyki. Pełnił rolę opiekuna czterech prac inżynierskich oraz dwóch prac magisterskich. Jest również członkiem komisji programowej oraz komisji egzaminów dyplomowych na macierzystej uczelni.

W latach 2018–2022 Kandydat aktywnie uczestniczył w Dolnośląskim Festiwalu Nauki, prezentując wykłady i pokazy popularyzujące naukę dla uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych. W 2023 roku brał udział w Nocy Politechnik, prowadząc pokazy poświęcone szczyptom optycznym i ciekłym kryształom, skierowane do dzieci i młodzieży.

Kandydat aktywnie uczestniczy również w działalności na rzecz środowiska naukowego. Jest recenzentem w wielu renomowanych czasopismach naukowych oraz pełnił funkcję eksperta oceniającego zrealizowane projekty dla Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej a także wnioski o stypendium im. Maxa Born'a.

Konkluzja recenzji

Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe oraz całokształt dorobku naukowego dr. inż. Pawła Karpińskiego spełniają wymagania określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Przedstawione osiągnięcia stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne, a Habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w dwóch zagranicznych ośrodkach badawczych.

Całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Kandydata oceniam bardzo wysoko. W związku z powyższym jednoznacznie popieram wniosek o nadanie **dr. inż. Pawłowi Karpińskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.**

