

Białystok, 25 czerwca 2026 r.

prof. dr hab. Andrzej Stupakiewicz
Wydział Fizyki
Uniwersytet w Białymstoku

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym Pana dra Pawła Karpińskiego

Przedmiotem niniejszej recenzji jest wskazane przez dra Pawła Karpińskiego jego habilitacyjne osiągnięcie - **dwa monotematyczne cykle publikacji - Osiągnięcie I pt. „Wytwarzanie i badanie trójwymiarowych struktur optycznych w niecentrosymetrycznych kryształach” oraz Osiągnięcie II pt. „Optyczna manipulacja nano- i mikro-cząstek”**. Przedstawione osiągnięcia naukowe dotyczą wniosku w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne. Recenzję sporządzono na podstawie wniosku procedowanego zgodnie z art. 221 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Równocześnie oświadczam o braku jakichkolwiek zależności, które mogłyby wpłynąć na obiektywność mojej oceny.

Przebieg pracy naukowej

Pan dr inż. Paweł Karpiński w 2009 roku ukończył studia magisterskie na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej i uzyskał tytuł magistra inżyniera fizyki technicznej (specjalność fotonika). Przebieg pracy naukowej dr inż. Pawła Karpińskiego charakteryzuje się właściwym rozwojem naukowym w obszarze optyki nieliniowej, fotoniki oraz optycznej modyfikacji materiałowej. W 2014 roku uzyskał stopień doktora nauk chemicznych na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Modyfikacja właściwości optycznych matryc ciekłokrystalicznych i polimerowych z wykorzystaniem nanoskopowych struktur plazmonicznych”, której promotorem był prof. Andrzej Miniewicz. Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora odbył dwuletni staż podoktorski w Laser Physics Center, Research School of Physics, Australian National University w Canberze, a następnie kontynuował badania w Department of Physics na Chalmers University of Technology w Göteborgu (2016–2018). Od 2018 r. jest zatrudniony na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej.

Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Przedmiotem oceny, jak podano we wniosku habilitacyjnym, są dwa monotematyczne cykle publikacji, które zawierają łącznie siedem autorskich artykułów naukowych (zgodnie z oznaczeniami habilitanta):

- I. Wytwarzanie i badanie trójwymiarowych struktur optycznych w kryształach niecentrosymetrycznych przy użyciu femtosekundowych impulsów laserowych [A1–A3].*
- II. Optyczna manipulacja nano- i mikrocząstek [B1–B4].*

Ponadto Habilitant odnosi się do publikacji [C1–C8], jednak nie będę uwzględniać ich w ocenie gdyż są jedynie wspomagające i reprezentują aktywność naukową habilitanta o obronie pracy doktorskiej.

Wstęp. Tematyka badań prowadzonych przez Habilitanta w obszarze optyki nieliniowej należy do dynamicznie rozwijających się kierunków współczesnej fotoniki. Materiały przy braku inwersji symetrii umożliwiają kontrolę właściwości optycznych, co przekłada się na obecność silnych efektów nieliniowych także indukowanych impulsami laserowymi. Rozwój źródeł laserowych generujących impulsy femtosekundowe otworzył drogę nie tylko do precyzyjnej detekcji zjawisk optycznych, lecz również do ich aktywnego wzbudzania oraz modyfikacji (odwracalnej i nieodwracalnej) właściwości badanych materiałów. Jednym z ważnych

kierunków współczesnej fotoniki jest laserowa strukturyzacja materiałów, umożliwiającą wytwarzanie metastruktur o rozmiarach od nano- do mikrometrów. Obszar ten koreluje z globalnym trendem określanym jako „3D laser printing”, wykorzystującym silnie skupione impulsy femtosekundowe do tworzenia funkcjonalnych struktur objętościowych. Ponadto niezwykle ważnym nurtem jest optyczna manipulacja mikro- i nanoobjektami, której znaczenie zostało podkreślone przyznaniem Nagrody Nobla w 2018 roku za rozwój pułapek optycznych. Badania Habilitanta wpisują się w te współczesne obszary fotoniki i wnoszą ważny wkład w rozwój nowoczesnych metod inżynierii materiałowej.

A. Cykl autorskich publikacji I. Ocenę dorobku habilitacyjnego zacznę od wieloautorskich publikacji [A1-A3] powiązanych tematycznie. Prace te tworzą raczej fragment cyklu, którego wspólnym celem jest badanie oddziaływania ultrakrótkich impulsów laserowych z materiałami nieliniowymi poprzez przestrzenne modyfikacje właściwości optycznych. W zasadzie tematyka ta jest dobrze znana i dotyczy termicznej modyfikacji materiałów przezroczystych optycznych głównie w objętości poprzez absorpcję zogniskowanej wiązki ultrakrótkich (femto-, pikosekundowych) impulsów o wysokiej energii impulsu. Taka metoda pozwala strukturyzować materiały oraz zmieniać w sposób nieodwracalny ich właściwości (np. strukturalne, optyczne, magnetyczne, elektryczne) w skali nanometrów wykorzystując kontrolę czasowo-przestrzenną z ograniczeniem dyssypacji ciepła.

Artykuły [A1-A3] zostały opublikowane w rozpoznawanych międzynarodowo dobrych czasopismach: dwie prace w *Optics Express* (IF=3.4) oraz jedna w *Journal Applied of Physics* (IF=2.7). Wymienione współczynniki czasopism *impact factor* (IF) dotyczą 2025 roku. We wszystkich pracach Habilitant jest pierwszym autorem na liście autorów ze złamanym porządkiem alfabetycznym, a w dwóch jest też autorem korespondencyjnym.

Poniżej przedstawiam ocenę publikacji wchodzących w skład osiągnięcia I.

Publikacje [A1–A3] są poświęcone tematyce związanej z modyfikacją kryształów nieliniowych na przykładzie LiNbO_3 i GaAs . Publikacja A1 prezentuje eksperymentalną demonstrację zjawiska nieliniowej dyfrakcji (NLD) w periodycznie strukturyzowanych półprzewodnikach arsenku galu (OP-GaAs). Do badań wykorzystano strojony laser femtosekundowy, pracujący głównie w zakresie bliskiej podczerwieni, w konfiguracji mikroskopu optycznego z detekcją sygnału drugiej harmonicznej (SHG). Praca przedstawia wyniki zmian sygnału SHG w warunkach jeżeli wiązka światła propaguje prostopadłe do kierunku modulacji podatności drugiego rzędu. Interesującym wynikiem było wykazanie, że maksymalna intensywność SHG pojawia się wtedy, gdy kąt emisji Czerenkowa pokrywa się z jednym z kątów Raman–Natha, co odpowiada braggowskim warunkom generacji SHG.

Publikacja A2, najważniejsza w tym cyklu, przedstawia wyniki objętościowej modyfikacji jednoosiowego ferroelektryka LiNbO_3 przy użyciu femtosekundowych impulsów laserowych. Tego typu materiały dość powszechnie są wykorzystane w optyce nieliniowej (np. modulatorach, elektrooptycznych komórkach, kryształach dwójłomnych). Habilitant wykazał, że anizotropia kryształu wykazującego brak inwersji symetrii prowadzi do rozszczepienia ogniska wiązki na dwa lub trzy maksima, co potwierdził zarówno modelowaniem teoretycznym, jak i eksperymentem. Kolejnym ciekawym wynikiem pracy jest obserwacja samoorganizujących się periodycznych nanostruktur (siatek), ułożonych prostopadłe do kierunku polaryzacji wiązki. Jest to zjawisko wcześniej znane głównie z badań w szklach, natomiast w tej pracy po raz pierwszy, jak podają autorzy, zademonstrowano w kryształach o silnej anizotropii. Wyniki mają istotne znaczenie, ponieważ takie struktury mogą zmieniać właściwości optyczne materiału i stanowić podstawę do projektowania metamateriałów.

Publikacja A3 jest raczej kontynuacją pracy A2, która pokazuje, że samoorganizujące się nanosiatki prowadzą do powstania indukowanej dwójłomności, zmieniając LiNbO_3 z kryształu jednoosiowego w materiał dwuosiowy. Habilitant zmierzył wartość tej dwójłomności, wyznaczył kąt między osiami optycznymi i wykazał, że jej wartość jest niezależna od energii impulsu.

B. Cykl autorskich publikacji II. Wskazane osiągnięcie obejmuje cykl czterech publikacji monotematycznych [B1-B4], z których jedna jest jednoautorska. W mojej opinii ten cykl publikacji autorskich mogę uznać za główny we wniosku habilitacyjnym. Tematyka zawarta w przedstawionym cyklu publikacji obejmuje opracowanie i wykorzystanie pułapek optycznych oraz rezonatorów do przestrzennej manipulacji nano- i mikrocząstek.

Cykl tych prac został opublikowany w bardzo dobrych czasopismach z listy JCR, w tym praca o wysokim wpływie w czasopiśmie *Nano Letters* (IF=9.1) oraz pracy z wydawnictwa Wiley w czasopiśmie *Advanced Optical Materials* (IF=7.2), *Laser & Photonics Reviews* (IF=9.7) oraz *small methods* (IF=8.7). Jedna praca w *Adv. Opt. Mat.* jest jednoautorska, co potwierdza naukową samodzielność Habilitanta. W trzech pozostałych pracach Habilitant jest zarówno pierwszym autorem jak i autorem korespondencyjnym.

Poniżej przedstawiam ocenę publikacji wchodzących w skład osiągnięcia II.

W pracy B1 Habilitant zaprezentował trójwymiarową pułapkę optyczną dla rezonansowych nanocząstek, wykorzystując przeciwbieżne wiązki światła i kryształ dwójłomny. Konfiguracja ta umożliwiła stabilne pułapkowanie obiektów silnie rozpraszających, co stanowi istotny krok w kierunku manipulacji nanoobiettami w zakresie silnych rezonansów optycznych (plazmonicznych). Opracowany model teoretyczny pozwolił na ilościowy opis sił działających na nanocząstkę, a to pozwoli na dalszy rozwój metod optycznej manipulacji nanoobiettami.

Publikacja B2, opublikowana w *Nano Letters*, dotyczy rotacji nanopręcików krzemu w kołowo spolaryzowanej pułapce optycznej oraz wyznaczenie temperatury ruchu obrotowego na podstawie przesunięcia modów Ramana. Praca ta stanowi jedną z pierwszych, jak podają autorzy, eksperymentalnych weryfikacji teorii Hot Brownian Motion (HBM) dla obiektów w warunkach rezonansowych i ma duże znaczenie dla fizyki układów optycznie sterowanych.

Publikacja B3 jest jednoautorska, a więc świadczy o pełnej samodzielności Habilitanta. Dotyczy ona ruchów obrotowych i orbitalnych nanopręcików złota indukowanych spinowym i orbitalnym momentem pędu światła. Analiza częstości tych ruchów pozwoliła na oszacowanie temperatur ruchu obrotowego i translacyjnego. Habilitant przedstawił możliwość precyzyjnej kontroli dynamiki nanoobiettów w polu wiązki Laguerre–Gausa, co stanowi oryginalny wkład w rozwój optycznych metod manipulacji.

Publikacja B4 przedstawia zjawisko samoorganizacji mikrocząstek polimerowych w liniowe łańcuchy propagujące się wzdłuż kierunku światła. Autor wykazał, że takie struktury pełnią funkcję światłowodów optycznych, których długość zależy od warunków propagacji. W trybie jednomodowym uzyskano łańcuchy przekraczające 100 mikrocząstek, oznacza to interesującą analogię do solitonów przestrzennych, która jest głównie determinowana przez rozmiar cząstek, a nie przez nieliniowy współczynnik załamania.

Osiągnięcia naukowe przedstawione przez Habilitanta są oryginalne, zarówno w zakresie modyfikacji krystalicznych materiałów niecentrosymetrycznych indukowanych ultrakrótkimi impulsami światła, jak i w obszarze optycznej manipulacji nano- i mikrocząstek. Samodzielność naukowa dr inż. Pawła Karpińskiego jest mocną stroną jego dorobku i w pełni spełnia wymagania określone w art. 219 ustawy. Analiza przedstawionych publikacji, oświadczenia współautorów (str. 7 i 8 są zdublowane) oraz zakres wkładu Habilitanta w poszczególne prace wskazują, że Habilitant we wszystkich publikacjach wchodzących w skład

osiągnięć [A1-A3 oraz B1-B4] był wiodącym autorem. W każdej z w/w publikacji Habilitant odpowiadał za kluczowe elementy procesu badawczego: proponowanie hipotezy badawczej, projektowanie układów eksperymentalnych, wykonanie pomiarów, analizę wyników oraz przygotowanie manuskryptów.

Uwagi krytyczne. Odnosząc się do wymogów ustawy, należy przypomnieć, że zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 Habilitant powinien przedstawić co najmniej jedno osiągnięcie naukowe, którym może być: monografia, cykl publikacji lub osiągnięcie o charakterze wdrożeniowym. Wniosek habilitacyjny dr inż. Pawła Karpińskiego wskazuje jako osiągnięcie cykl publikacji, jednak habilitant przedstawia nie jeden, lecz dwa cykle. Taka struktura wniosku budzi pewne wątpliwości formalne i interpretacyjne.

W mojej ocenie osiągnięcie I nie może zostać pozytywnie ocenione jako cykl prac spełniający wymagania do nadania stopnia doktora habilitowanego, przede wszystkim ze względu na jego ograniczony zakres merytoryczny. Spośród publikacji wchodzących w skład tego cyklu najbardziej wartościowa jest praca B2, jednak jej poziom i zakres nie są wystarczające, aby samodzielnie uzasadnić pozytywną ocenę wniosku.

Inaczej przedstawia się osiągnięcie II, które ma wyraźnie większą wartość merytoryczną i stanowi spójny wynik badań, możliwy do pozytywnej oceny jako główny cykl monotematyczny. Habilitant wprowadził niepotrzebne zamieszanie w strukturze wniosku. Po szczegółowej analizie treści obu cykli, obejmujących łącznie siedem publikacji autorskich Habilitanta, stwierdzam, że prace te można uznać za tematycznie powiązane. Łączy je wspólna tematyka oddziaływań światła z materią w skali nano- i mikrometrowej, a także rozwój metod optycznej modyfikacji materiałów oraz manipulacji nanoobiektami. W autoreferacie Habilitant dość nieśmiało zauważa, że „można się pokusić o połączenie tych cykli publikacyjnych pod jednym tytułem...”

Moim zdaniem przedstawienie osiągnięcia w scalonej formie pozwoliłoby uniknąć ryzyka uzyskania opinii krytycznej z przyczyn formalnych. Obecny sposób prezentacji osiągnięcia jako dwóch odrębnych cykli raczej należy uznać za nieprecyzyjny i niezgodny z intencją ustawodawcy, choć możliwy do obrony dzięki zauważalnej spójności tematycznej publikacji oraz jakości merytorycznej zwłaszcza w cyklu publikacji II.

Ponadto muszę stwierdzić, że wniosek, zwłaszcza jego polskojęzyczna wersja (wersja anglojęzyczna jest lepiej dopracowana), nie został przygotowany z należytą starannością. Dotyczy to błędów gramatycznych (np. absorbcja, Gallu, Czernkowa, mokro-cząstek i in.) i stylistycznych oraz nieprecyzyjnych sformułowań.

Ocena pozostałego dorobku naukowego i aktywności naukowo-dydaktycznej

Aktywność publikacyjna po doktoracie. Pozytywnie oceniam aktywność publikacyjną dr inż. Pawła Karpińskiego po uzyskaniu stopnia doktora, co świadczy o konsekwentnym rozwoju własnej ścieżki badawczej. W okresie 2014-2025 Habilitant opublikował 21 artykułów w czasopiśmie z listy JCR, z czego siedem stanowi osiągnięcie główne, a pozostałe prace tworzą tło naukowe jego działalności. W celu podania ilościowej aktywności publikacyjnej, przytoczę dane bibliometryczne Habilitanta. Według wniosku jego prace (łącznie 32 publikacje) były cytowane 614 razy (dane z bazy Web of Science z dnia 22.06.2026), w tym 598 razy bez uwzględnienia autocytowań, a indeks Hirscha równy 12 jest wartością w pełni adekwatną na tym etapie kariery i dyscypliny.

Na uwagę zasługuje również bogata aktywność konferencyjna Habilitanta. Wygłosił trzy referaty na zaproszenie, w tym na prestiżowej Gordon Research Conference (2017) oraz konferencjach NOMA w 2022 i 2023 latach. Ponadto liczne prezentacje na międzynarodowych

konferencjach SPIE Photonics West, SPIE Optics and Photonics, Bionanophotonic Congress czy OPTICS & PHOTONICS International Congress świadczą o jego aktywnej obecności w środowisku międzynarodowym.

Współpraca międzynarodowa. Również pozytywnie oceniam aktywność i obecność w międzynarodowym środowisku naukowym. Jej zakres obejmuje udział w międzynarodowych zespołach badawczych oraz współautorstwo publikacji z partnerami zagranicznymi. Najważniejszym elementem współpracy międzynarodowej są dwa kilkuletnie staże doktorskie w: (i) Australian National University, Canberra (2014–2016) w grupie prof. W. Królikowskiego. Pobyt ten zaowocował rozwojem kompetencji w zakresie femtosekundowej modyfikacji materiałów krystalicznych; (ii) Chalmers University of Technology, Göteborg (2016–2018) w grupie prof. M. Käll'a. Współpraca ta doprowadziła do rozwoju badań nad dynamiką i termodynamiką nanocząstek w pułapkach optycznych.

Udział w realizacji projektów badawczych. Bardzo wysoko oceniam udział dr inż. Pawła Karpińskiego w realizacji projektów badawczych. Szczególnie istotne jest to, że Habilitant pełnił rolę kierownika w aż pięciu projektach finansowanych w drodze konkursów krajowych, co świadczy o jego samodzielności badawczej. W latach 2014–2025 Habilitant kierował i kieruje następującymi projektami: Mobilność Plus (MNiSW, 2014–2015); Polonez (NCN, 2018–2020); Sonata (NCN, 2020–2024); Opus LAP (NCN, 2021–2025); Sonata BIS (NCN, 2023–2028). Warto podkreślić, że projekty te obejmują zarówno badania podstawowe, jak i aplikacyjne, a ich tematyka jest spójna z głównymi kierunkami badań Habilitanta.

Ponadto, Habilitant posiada też doświadczenie we *współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym*, m.in. z firmą Seemore oraz Thales, co potwierdza zdolność do wykorzystania wiedzy naukowej w zakresie prac rozwojowych. Jest to szczególnie istotne w dziedzinach takich jak fotonika, które mają silny potencjał technologiczny.

Aktywność dydaktyczna oraz popularyzatorska. Habilitant potrafi skutecznie łączyć intensywną działalność naukową z obowiązkami dydaktycznymi. Zgodnie z podaną informacją Habilitant prowadził zajęcia dydaktyczne na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, obejmujące zarówno wykłady, jak i ćwiczenia oraz laboratoria. Zakres prowadzonych zajęć wskazuje, że Habilitant jest zaangażowany w kształcenie studentów na różnych poziomach, w tym w obszarach związanych z optyką, fotoniką i materiałami funkcjonalnymi. Był opiekunem czterech prac inżynierskich i dwóch prac magisterskich. Habilitant aktywnie uczestniczy również w popularyzacji nauki, zaprezentował wykład i pokaz w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki.

Podsumowanie.

Przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe dr inż. Pawła Karpińskiego, obejmujące cykl publikacji dotyczących modyfikacji kryształów niecentrosymetrycznych ultrakrótkimi impulsami laserowymi oraz optycznej manipulacji nano- i mikrocząstek, stanowi wartościowy i oryginalny wkład w rozwój współczesnej fotoniki. Mimo formalnych zastrzeżeń dotyczących sposobu przedstawienia osiągnięcia (dwa cykle zamiast jednego monotematycznego), należy podkreślić, że publikacje te tworzą jednak spójną całość tematyczną, a Habilitant wskazuje możliwość ich połączenia. W mojej ocenie taka forma byłaby przejrzysta i zgodna z wymogami ustawowymi.

Wyniki uzyskane przez Habilitanta są nowatorskie oraz opublikowane w czasopiśmie o wysokim wpływie. Habilitant wykazuje pełną samodzielność naukową, potwierdzoną pierwszoautorскими publikacjami, pracą jednoautorską, kierowaniem licznymi projektami

badawczymi. Poza tym zajmował się m.in. budową i rozwojem zaawansowanych układów eksperymentalnych. Jego współpraca międzynarodowa jest rozbudowana i obejmuje długoterminowe staże podoktorskie w międzynarodowych ośrodkach, publikacje z partnerami zagranicznymi oraz wykłady zaproszone na konferencjach naukowych.

Uważam, że dotychczasowe osiągnięcia naukowe Habilitanta są wystarczające do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne. Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie oraz całość dorobku spełnia wymagania zawarte w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) w zakresie nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego. W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej dr inż. Pawła Karpińskiego i wnioskuję o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

