POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI

RECENZJA

osiągnięć naukowych
dr. inż. Daniela Gajdy

w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych
w dyscyplinie nauki fizyczne

Osiągnięcie naukowe:

„Mechanizmy kotwiczenia sieci wirów na centrach kotwiczenia oraz ich wpływ na gęstość prądu krytycznego w przewodach nadprzewodnikowych w stanie mieszanym”

Lublin, wrzesień 2026 r.

1. Podstawa formalna opracowania recenzji i zakres oceny

Niniejszą recenzję sporządziłem na podstawie dokumentacji przedłożonej w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Daniela Gajdy, w szczególności wniosku z dnia 23.02.2026 r., autoreferatu, wykazu osiągnięć naukowych, cyklu publikacji Q1–Q9, kopii publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe oraz materiałów dotyczących udziału Habilitanta w pracach wieloautorskich. Pomocniczo wykorzystałem także rozprawę doktorską z 2014 r. oraz dokumentację wcześniejszego postępowania habilitacyjnego prowadzonego w latach 2019–2020.

Podstawę prawną oceny stanowi ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.). Stosownie do art. 221 ust. 8 tej ustawy zadaniem recenzenta jest ocena, czy osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2. Zasadniczym przedmiotem niniejszej recenzji jest zatem ustalenie, czy wskazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne oraz czy spełniają wymóg formy określony w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b.

Dr inż. Daniel Gajda ubiega się obecnie o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne. Okoliczność ta ma istotne znaczenie dla obecnej oceny. Odnotowuję, że wcześniejsze postępowanie habilitacyjne Habilitanta było prowadzone w dyscyplinie elektrotechnika. Obecne postępowanie dotyczy dyscypliny nauki fizyczne i dlatego wymaga samodzielnej oceny przedstawionych osiągnięć z punktu widzenia ich wkładu w rozwój tej dyscypliny.

2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Dr inż. Daniel Gajda uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika w 2014 r. na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Tematem rozprawy doktorskiej był wpływ defektów strukturalnych na gęstość prądu krytycznego przewodów NbTi i MgB_2. Od początku aktywności naukowej Habilitant koncentruje się na fizyce i technologii wytwarzania materiałów nadprzewodnikowych, w szczególności na zależnościach pomiędzy mikrostrukturą, centrami kotwiczenia wirów, parametrami krytycznymi i właściwościami transportowymi przewodów nadprzewodnikowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora działalność ta była systematycznie rozwijana. W przedstawionym wykazie osiągnięć znajduje się liczna grupa publikacji indeksowanych

w bazach międzynarodowych, powstałych po 2014 r., dotyczących przewodów MgB_2, $Mg^{11}B_2$, NbTi oraz innych materiałów nadprzewodnikowych. W wielu z tych prac Habilitant występuje jako pierwszy autor i autor korespondencyjny, a tematyka publikacji odzwierciedla konsekwentnie rozwijany kierunek badań nad oddziaływaniem sieci wirów z defektami strukturalnymi oraz wpływem tych oddziaływań na właściwości transportowe materiałów nadprzewodnikowych.

Według danych bibliometrycznych przedstawionych w dokumentacji, na dzień 23.02.2026 w bazie Web of Science zidentyfikowano 88 publikacji Habilitanta, 890 cytowań, w tym 502 bez autocytowań, oraz indeks Hirscha równy 20. W bazie Scopus wykazano 91 publikacji, 915 cytowań i indeks Hirscha 20, natomiast w Google Scholar 102 publikacje, 1041 cytowań i indeks Hirscha 22. Dane te stanowią informację pomocniczą, nie zastępują one jakościowej oceny osiągnięcia, lecz potwierdzają zauważalną obecność wyników Habilitanta w międzynarodowym obiegu naukowym.

Na tle dokumentacji z 2019 r. widoczny jest wyraźny rozwój dorobku naukowego Habilitanta. W ówczesnym postępowaniu wskazywano 45 publikacji w Web of Science, indeks Hirscha 9 i 95 cytowań bez autocytowań. Obecne wartości są istotnie wyższe, a dorobek został uzupełniony o nowe publikacje z lat 2020–2025, projekty kierowane przez Habilitanta oraz szerszą aktywność recenzencką i organizacyjną.

3. Charakterystyka osiągnięć naukowych przedstawionych do oceny

Jako podstawę oceny w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 Habilitant przedstawił cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych z lat 2016–2025 pt. „*Mechanizmy kotwiczenia sieci wirów na centrach kotwiczenia oraz ich wpływ na gęstość prądu krytycznego w przewodach nadprzewodnikowych w stanie mieszanym*". Cykl odpowiada formie osiągnięcia wskazanej w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b. W odniesieniu do publikacji Q1, Q3, Q4 i Q7, opublikowanych przed dniem 1 stycznia 2019 r., zastosowanie znajduje art. 179 ust. 6 ustawy - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, który dopuszcza zaliczanie do takiego cyklu także odpowiednich artykułów opublikowanych przed 2019 r.

Publikacja	Materiał	Rola w cyklu
Q1 (2017)	NbTi	Identyfikacja zakresów pola, w których efektywnie działają różne centra kotwiczenia; wskazanie centrów wysokopolowych i interpretacja efektu peak effect.
Q2 (2025)	NbTi	Wpływ orientacji dyslokacji względem pola magnetycznego na efektywność kotwiczenia sieci wirów i wartość J_c.
Q3 (2018)	MgB_2	Wpływ redukcji średnicy przewodu i procesu HIP na J_c, mikrostrukturę oraz mechanizmy kotwiczenia, w tym w 20 K.
Q4 (2016)	MgB_2 + C	Wpływ domieszkowania 2% C i HIP na wysokopolowe centra kotwiczenia i właściwości transportowe w 20 K i 25 K.
Q5 (2024)	MgB_2 + Sm_2O_3	Powiązanie mikrostruktury obserwowanej TEM/SAED z mechanizmami kotwiczenia i J_c w zakresie 15–30 K.
Q6 (2019)	NbTi, MgB_2	Jednoautorska metoda analizy wysokopolowych centrów kotwiczenia na podstawie zmian J_c w przedziałach B/B_{irr}.
Q7 (2016)	MgB_2 + SiC	Wpływ domieszkowania SiC i wysokiego ciśnienia na punktowe i liniowe centra kotwiczenia oraz J_c.
Q8 (2021)	$Mg^{11}B_2$	Wpływ HIP na inżynierską gęstość prądu krytycznego, mikrostrukturę i mechanizmy kotwiczenia w przewodach z izotopowym borem.
Q9 (2023)	$Mg^{11}B_2$, IMD	Wpływ gięcia i HIP na reakcję syntezy, dyfuzję Mg, J_c i mechanizmy kotwiczenia w małych cewkach typu wind-and-react.

W ocenianym materiale można wyodrębnić kilka merytorycznie odrębnych rezultatów, w szczególności: rozwinięcie metody analizy i klasyfikacji centrów kotwiczenia w funkcji pola magnetycznego, określenie wpływu orientacji dyslokacji na kotwiczenie sieci wirów w NbTi oraz rozszerzenie badań mechanizmów kotwiczenia w MgB_2 i $Mg^{11}B_2$ na nowe układy materiałowe, podwyższone temperatury i technologię wewnętrznej dyfuzji magnezu IMD.

We wszystkich publikacjach wchodzących w skład przedstawionego cyklu dr inż. Daniel Gajda występuje jako pierwszy autor oraz autor korespondencyjny; publikacja Q6 ma charakter jednoautorski, natomiast Q2 jest publikacją dwuautorską.

4. Ocena merytoryczna osiągnięcia

4.1. Spójność tematyczna i miejsce osiągnięcia w naukach fizycznych

Oceniany cykl jest spójny problemowo. Wszystkie prace dotyczą stanu mieszanego nadprzewodników II rodzaju i mechanizmów ograniczających ruch sieci wirów pola magnetycznego pod wpływem siły Lorentza. Zmieniane są materiał, rodzaj defektu, temperatura,

pole magnetyczne i parametry technologiczne, natomiast wspólnym pytaniem pozostaje zależność pomiędzy mikrostrukturą, charakterem centrów kotwiczenia i gęstością prądu krytycznego J_c.

W mojej ocenie problematyka ta mieści się bezpośrednio w dyscyplinie nauki fizyczne. Jej zasadniczym przedmiotem jest opis oddziaływania wirów strumienia magnetycznego z defektami strukturalnymi, zmian mechanizmów kotwiczenia w funkcji pola magnetycznego i temperatury oraz związku tych mechanizmów z transportowymi właściwościami nadprzewodników.

4.2. Badania NbTi - identyfikacja centrów kotwiczenia i orientacja dyslokacji

Publikacja Q1 stanowi punkt wyjścia dla całego cyklu badawczego. Autorzy podjęli próbę eksperymentalnego określenia zakresów pola magnetycznego, w których dominującą rolę odgrywają odmienne centra kotwiczenia w przewodach NbTi. Na podstawie pomiarów transportowych oraz analizy skalowania wskazano, że w zakresie około 6 - 8 T istotną rolę odgrywają centra kotwiczenia związane z dyslokacjami, natomiast w wyższych polach obserwowane są efekty przypisywane innym defektom wewnątrzziarnowym. Autorzy zwracają również uwagę na występowanie nowych wysokopolowych centrów kotwiczenia działających w zakresie około 8 - 9,5 T. W pracy zaproponowano także sposób opisu tych zjawisk z wykorzystaniem zredukowanego pola magnetycznego B/B_{irr}, który został następnie rozwinięty w publikacji Q6.

Wartość poznawczą publikacji Q1 oceniam wysoko, ponieważ stanowi ona interesującą próbę powiązania charakterystyk transportowych z mikrostrukturą materiału i rodzajem występujących defektów. Należy jednak zauważyć, że część proponowanych interpretacji ma charakter pośredni i opiera się na korelacji wyników pomiarowych z wiedzą o procesach technologicznych oraz danymi literaturowymi. W szczególności identyfikacja części wysokopolowych centrów kotwiczenia wynika przede wszystkim z analizy zachowania charakterystyk transportowych i magnetycznych, a nie z ich bezpośredniej obserwacji mikrostrukturalnej. Nie umniejsza to wartości uzyskanych wyników, jednak wskazuje na potrzebę odróżnienia bezpośredniej identyfikacji określonych defektów od fizycznie uzasadnionego wnioskowania o ich roli w procesie kotwiczenia sieci wirów.

Publikacja Q2 stanowi logiczne rozwinięcie badań zapoczątkowanych w Q1. W pracy przeanalizowano wpływ wzajemnej orientacji dyslokacji i zewnętrznego pola magnetycznego na

efektywność kotwiczenia sieci wirów w przewodach NbTi. Na podstawie pomiarów transportowych wykazano, że maksimum efektywności kotwiczenia może występować przy różnych wartościach pola magnetycznego w zależności od konfiguracji geometrycznej układu. W szczególności wskazano, że dyslokacje ustawione równolegle do zewnętrznego pola magnetycznego najefektywniej kotwiczą sieć wirów w polu około 6 T, natomiast dyslokacje ustawione prostopadle do pola magnetycznego wykazują najwyższą skuteczność kotwiczenia w pobliżu 8 T.

W mojej ocenie publikacja ta wnosi wartościowy wkład do badań nad mechanizmami kotwiczenia w materiałach NbTi, ponieważ rozwija wcześniejsze obserwacje dotyczące roli dyslokacji i podejmuje próbę bardziej szczegółowego powiązania geometrii defektów z właściwościami transportowymi materiału. Należy jednak zauważyć, że interpretacja oparta jest przede wszystkim na wynikach pomiarów transportowych oraz na przewidywanej orientacji dyslokacji wynikającej z zastosowanych procesów obróbki plastycznej. Oznacza to, że przedstawiony model oddziaływania pomiędzy siecią wirów a dyslokacjami ma charakter pośrednio wnioskowany i wymaga ostrożności przy uogólnianiu na inne materiały nadprzewodnikowe i odmienne mikrostruktury.

4.3. Badania MgB_2 - domieszkowanie węglem C, węglikiem krzemu SiC, tlenkiem samaru Sm_2O_3 oraz wpływ HIP na mechanizmy kotwiczenia

Publikacje Q3, Q4 i Q7 dotyczą wpływu procesu wygrzewania pod wysokim ciśnieniem izostatycznym (HIP) oraz domieszkowania węglem (C) i węglikiem krzemu (SiC) na mikrostrukturę materiału MgB_2 oraz mechanizmy odpowiedzialne za kotwiczenie sieci wirów. Ich wspólnym rezultatem jest wykazanie, że zmiany gęstości materiału, wielkości pustek, jakości połączeń międzyziarnowych oraz koncentracji defektów strukturalnych mogą istotnie wpływać na wartość gęstości prądu krytycznego w funkcji pola magnetycznego i temperatury. Szczególnie interesujący jest kierunek badań prowadzonych w temperaturze około 20 K i wyższej, istotny zarówno z poznawczego punktu widzenia, jak i ze względu na potencjalne zastosowanie przewodów MgB_2 w układach pracujących bez wykorzystania ciekłego helu.

W interpretacji uzyskanych wyników należy uwzględnić zarówno wpływ zmian mechanizmów kotwiczenia sieci wirów, jak i poprawę połączeń międzyziarnowych wynikającą z zagęszczenia materiału podczas procesu HIP. Oznacza to, że obserwowany wzrost J_c może być

rezultatem współdziałania obu tych czynników. Autorzy analizują ich znaczenie na podstawie zmian rezystywności, przebiegów gęstości prądu krytycznego $J_c(B)$, siły kotwiczenia $F_p(B)$ oraz nieodwracalnego pola magnetycznego B_{irr}, a także w oparciu o obrazowanie mikrostruktury. W części przypadków identyfikacja dominujących centrów kotwiczenia wynika z łącznej interpretacji wyników transportowych i mikrostrukturalnych, dlatego szczególną wartość mają te badania, które zostały wsparte bezpośrednią charakterystyką strukturalną.

Na szczególne podkreślenie zasługują wyniki dotyczące wpływu domieszkowania węglem oraz węglikiem krzemu SiC. W pracach Q4 i Q7 wykazano, że odpowiednio dobrane domieszki, zwłaszcza w połączeniu z procesem HIP, mogą prowadzić do wyraźnej poprawy właściwości transportowych przewodów MgB_2 w średnich i wysokich polach magnetycznych. Badania te dostarczają istotnych informacji dotyczących relacji pomiędzy rodzajem domieszki, ewolucją mikrostruktury a efektywnością kotwiczenia sieci wirów.

Na tym tle publikacja Q5 stanowi istotne wzmocnienie całego cyklu. Wprowadzenie zaawansowanych badań TEM (transmisyjna mikroskopia elektronowa) oraz SAED (dyfrakcja elektronów z wybranego obszaru próbki) pozwoliło znacznie lepiej powiązać obserwowaną mikrostrukturę z właściwościami transportowymi materiału i mechanizmami kotwiczenia w zakresie temperatur 15–30 K. Habilitant wskazuje na rolę domieszki tlenku samaru Sm_2O_3 w tworzeniu punktowych i powierzchniowych centrów kotwiczenia, poprawie jednorodności materiału oraz kształtowaniu właściwości obszarów nadprzewodzących otaczających centra kotwiczenia. W mojej ocenie jest to jedna z najmocniejszych publikacji całego cyklu pod względem bezpośredniego powiązania badań mikrostrukturalnych z właściwościami transportowymi.

4.4. Autorska metoda analizy centrów kotwiczenia - Q6

Jednoautorska publikacja Q6 ma szczególne znaczenie dla oceny indywidualnego wkładu Habilitanta. Zaproponowano w niej metodę analizy wysokopolowych centrów kotwiczenia opartą na przebiegu gęstości prądu krytycznego (J_c) w kolejnych przedziałach zredukowanego pola magnetycznego B/B_{irr}, gdzie B_{irr} oznacza nieodwracalne pole magnetyczne. W autoreferacie Habilitant wykorzystuje tę koncepcję do interpretacji zachowania różnych klas centrów kotwiczenia, wiążąc określone zakresy wartości B/B_{irr} z dominującym udziałem centrów powierzchniowych, punktowych, liniowych, podstawieniowych oraz wydzieleniowych występujących wewnątrz ziaren.

Zaletą proponowanej metody jest możliwość prowadzenia analizy także wtedy, gdy klasyczne podejście oparte na położeniu maksimum siły kotwiczenia nie daje jednoznacznego obrazu mechanizmów odpowiedzialnych za przypinanie sieci wirów. Pozwala ona ponadto na porównywanie zmian J_c w kolejnych przedziałach zredukowanego pola magnetycznego, co ułatwia interpretację wyników uzyskiwanych dla różnych materiałów oraz warunków technologicznych. Metoda ta została następnie wykorzystana przez Habilitanta w kolejnych pracach poświęconych przewodom NbTi, MgB_2 i $Mg^{11}B_2$.

Proponowana metoda ma charakter przede wszystkim fenomenologiczny, co jest naturalne dla narzędzia służącego interpretacji wyników eksperymentalnych. Zakresy B/B_{irr} zostały wyprowadzone na podstawie określonych układów materiałowych i następnie wykorzystane do analizy innych próbek. Z tego względu szczególnie wartościowe jest łączenie tej metody z niezależną charakterystyką mikrostruktury, zwłaszcza w sytuacjach, gdy na podstawie przebiegu zależności $J_c(B)$ wnioskuje się o konkretnym typie defektu odpowiedzialnego za kotwiczenie sieci wirów. W mojej ocenie publikacja Q6 stanowi wyraźny i oryginalny wkład metodologiczny Habilitanta w badania mechanizmów kotwiczenia w materiałach nadprzewodnikowych.

4.5. Izotopowy $Mg^{11}B_2$ i przewody IMD - Q8 i Q9

Publikacje Q8 i Q9 rozszerzają program badawczy na przewody wytwarzane z wykorzystaniem izotopowego boru ^{11}B oraz technologii wewnętrznej dyfuzji magnezu (IMD). W pracy Q8 analizowano wpływ procesu HIP na mikrostrukturę materiału, inżynierską gęstość prądu krytycznego oraz mechanizmy kotwiczenia w przewodach $Mg^{11}B_2$. Publikacja Q9 rozwija tę tematykę o zagadnienia związane z dyfuzją magnezu, gęstością warstwy ^{11}B, wpływem gięcia przewodu oraz przebiegiem reakcji syntezy w małych cewkach typu wind-and-react.

Wyniki te mają wyraźny komponent materiałowo-technologiczny, pozostają jednak ściśle związane z głównym problemem fizycznym całego osiągnięcia, ponieważ zmiana warunków syntezy prowadzi do modyfikacji mikrostruktury materiału, liczby defektów, jakości połączeń międzyziarnowych oraz skuteczności oddziaływania sieci wirów z centrami kotwiczenia. Istotną wartością tej części cyklu jest wykazanie, że efektywność procesu HIP zależy nie tylko od nominalnej wartości zastosowanego ciśnienia, lecz również od struktury warstwy boru, przebiegu dyfuzji Mg oraz stopnia przereagowania materiału. Stanowi to naturalne rozszerzenie

wcześniejszych badań prowadzonych dla przewodów MgB_2 i pozwala przenieść analizę mechanizmów kotwiczenia do materiałów wykorzystujących izotopowy bor ^{11}B.

Na uwagę zasługują zwłaszcza wyniki wskazujące na związek pomiędzy gęstością warstwy $Mg^{11}B_2$ a skutecznością tworzenia punktowych i liniowych centrów kotwiczenia. Wyniki wskazują, że odpowiednio dobrane warunki obróbki cieplnej oraz zastosowanie wysokiego ciśnienia mogą prowadzić do poprawy parametrów transportowych poprzez jednoczesne zwiększenie gęstości materiału, poprawę połączeń międzyziarnowych i modyfikację struktury defektowej odpowiedzialnej za kotwiczenie sieci wirów.

4.6. Indywidualny wkład Habilitanta

Ocena indywidualnego wkładu Habilitanta ma istotne znaczenie ze względu na wieloautorski charakter części publikacji tworzących osiągnięcie habilitacyjne. Aktualna dokumentacja pozwala odtworzyć zakres aktywności dr inż. Daniela Gajdy w większym stopniu niż materiały z 2019 r. Habilitant wskazuje jako swój wkład opracowanie koncepcji badań, metodyki, wykonanie kluczowych pomiarów transportowych, obliczenia gęstości prądu krytycznego J_c i parametrów krytycznych, analizę mechanizmów kotwiczenia, interpretację wyników oraz przygotowanie manuskryptów. Indywidualny wkład Habilitanta został opisany w autoreferacie, w podpisanych oświadczeniach współautorów dotyczących części publikacji oraz w sekcjach CRediT zamieszczonych w części nowszych artykułów. Dokumentacja nie zawiera jednak jednolicie sporządzonego zestawu aktualnych oświadczeń odnoszących się do wszystkich publikacji tworzących osiągnięcie, w szczególności Q8 i Q9. Okoliczność ta wymaga ostrożności przy ocenie indywidualnego udziału Habilitanta, nie uniemożliwia jednak jego identyfikacji na podstawie całokształtu przedstawionych materiałów, w tym opisów wkładu, faktu występowania jako pierwszy autor i autor korespondencyjny oraz jednoautorskiej publikacji Q6.

4.7. Relacja do rozprawy doktorskiej i postępowania habilitacyjnego z lat 2019–2020

Przedstawione osiągnięcie rozwija problematykę podjętą wcześniej w rozprawie doktorskiej, jednak zakres badań został istotnie rozszerzony zarówno pod względem metodologicznym, jak i materiałowym. Jednocześnie ciągłość tematyczna pomiędzy doktoratem a późniejszymi badaniami stanowi naturalny przejaw konsekwentnego rozwoju programu naukowego. Za rzeczywisty przyrost wiedzy po uzyskaniu stopnia doktora uznaję przede wszystkim bardziej szczegółową klasyfikację zakresów działania poszczególnych centrów kotwiczenia,

badania wpływu orientacji dyslokacji na proces kotwiczenia wirów, rozwinięcie autorskiej metody analizy przedstawionej w publikacji Q6, rozszerzenie badań na warunki podwyższonych temperatur oraz objęcie programu badawczego układów $Mg^{11}B_2$ i technologii IMD. Elementy te wykraczają poza zakres problematyki rozpatrywanej w rozprawie doktorskiej i stanowią rzeczywisty dorobek naukowy uzyskany po nadaniu stopnia doktora.

Część publikacji wchodzących w skład obecnego osiągnięcia była już przedstawiona w postępowaniu habilitacyjnym prowadzonym w latach 2019–2020 w dyscyplinie elektrotechnika. Publikacje Q1, Q3, Q4 i Q7 były już częścią osiągnięcia przedstawionego w poprzednim postępowaniu habilitacyjnym, natomiast Q6 była wówczas wykazana w dorobku poza cyklem. Istotna część formułowanych wówczas zastrzeżeń dotyczyła trudności wykazania znacznego wkładu tych badań w rozwój elektrotechniki, przy jednoczesnym wskazywaniu ich silnego związku z fizyką nadprzewodników i inżynierią materiałową. Wnioski sformułowane w tamtym postępowaniu nie przesądzają zatem o ocenie obecnego osiągnięcia, które jest rozpatrywane w dyscyplinie nauki fizyczne i wymaga odrębnej oceny jego znaczenia dla tej dyscypliny.

5. Pozostała aktywność naukowa

Poza ocenianym osiągnięciem habilitacyjnym Habilitant wykazuje znaczącą aktywność publikacyjną, projektową i ekspercką, pozostającą w ścisłym związku z rozwijanym programem badawczym z zakresu fizyki nadprzewodników.

Habilitant uczestniczył w krajowych i międzynarodowych projektach badawczych zarówno jako kierownik, jak i wykonawca. Na szczególną uwagę zasługuje kierowanie projektem NCN Miniatura 7 dotyczącym tworzenia średnio- i wysokopolowych oraz wysokotemperaturowych centrów kotwiczenia w przewodach MgB_2 domieszkowanych Sm_2O_3. Kierował również projektami realizowanymi we współpracy Polskiej i Bułgarskiej Akademii Nauk, a jako wykonawca uczestniczył między innymi w projektach NCN OPUS, ERA.NET RUS Plus oraz projektach realizowanych we współpracy z partnerami krajowymi i zagranicznymi.

Dokumentacja wskazuje również na znaczącą aktywność ekspercką i recenzencką Habilitanta. Według przedstawionych danych wykonał on 72 recenzje dla 28 czasopism naukowych, w tym dla renomowanych czasopism międzynarodowych z obszaru nadprzewodnictwa, materiałoznawstwa i fizyki stosowanej. Pełnił ponadto funkcję gościnnego

edytora numerów specjalnych czasopisma *Materials* oraz uczestniczył w organizacji i prowadzeniu sesji konferencyjnych.

6. Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej instytucji

Istotnym elementem rozwoju naukowego Habilitanta była współpraca realizowana z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami badawczymi prowadzącymi badania w obszarze fizyki nadprzewodników. Szczególne znaczenie miał czteromiesięczny staż naukowy w Instytucie Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk w Warszawie w 2021 r., związany z badaniami wpływu obróbki wysokociśnieniowej na mikrostrukturę, parametry krytyczne oraz mechanizmy kotwiczenia w przewodach wykonanych z izotopowego $Mg^{11}B_2$. Habilitant prowadził również badania we współpracy z Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences w Sofii, CNR SPIN w Genui, Institute for Solid State and Materials Research Dresden oraz Applied Superconductivity and Cryoscience Group, University of Cambridge. Współpraca ta obejmowała zarówno przygotowanie i charakteryzację materiałów nadprzewodnikowych, jak również pomiary właściwości transportowych, analizę mechanizmów kotwiczenia oraz wspólne publikacje naukowe. W mojej ocenie współpraca ta odegrała istotną rolę w rozwoju programu badawczego Habilitanta, umożliwiając dostęp do specjalistycznej aparatury, rozwój współpracy międzynarodowej oraz realizację badań, których wyniki znalazły odzwierciedlenie w publikacjach tworzących oceniane osiągnięcie habilitacyjne. Potwierdza to aktywność naukową realizowaną poza jednostką macierzystą oraz trwałe funkcjonowanie Habilitanta w międzynarodowym środowisku badawczym.

7. Uwagi i komentarze

Pozytywna ocena osiągnięcia naukowego nie wyklucza wskazania pewnych kwestii wymagających ostrożnej interpretacji lub dalszej dyskusji naukowej.

W części prac identyfikacja rodzaju centrów kotwiczenia opiera się na analizie charakterystyk transportowych, skalowania parametrów oraz wiedzy o mikrostrukturze wynikającej z zastosowanych procesów technologicznych. Najbardziej przekonujące są te wnioski, które zostały dodatkowo wsparte niezależną charakterystyką mikrostrukturalną, w szczególności z wykorzystaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) oraz dyfrakcji elektronów z wybranego obszaru próbki (SAED).

Autorska metoda przedstawiona w publikacji Q6 stanowi interesujące narzędzie porządkujące analizę centrów kotwiczenia. Jej wartość polega przede wszystkim na możliwości porównywania zachowania różnych materiałów i próbek w kolejnych zakresach zredukowanego pola magnetycznego. Zakres jej stosowalności mógłby być w przyszłości dodatkowo zweryfikowany na szerszej grupie materiałów nadprzewodnikowych.

W materiałach MgB_2 obserwowany wzrost gęstości prądu krytycznego może wynikać zarówno z poprawy skuteczności kotwiczenia sieci wirów, jak i z poprawy połączeń międzyziarnowych oraz zagęszczenia materiału. W wielu analizowanych próbkach oba efekty występują równocześnie, co utrudnia ich całkowite rozdzielenie.

W mojej ocenie powyższe uwagi mają charakter doprecyzowujący i nie podważają zasadniczej wartości naukowej przedstawionego osiągnięcia. Pozwalają natomiast lepiej określić zakres obowiązywania części proponowanych interpretacji oraz wskazują kierunki dalszych badań rozwijających przedstawiony program naukowy.

8. Znaczenie osiągnięcia naukowego

Za szczególnie wartościowe elementy osiągnięcia uznaję systematyczne badania zależności pomiędzy charakterem centrów kotwiczenia a zakresem pola magnetycznego, określenie wpływu orientacji dyslokacji na efektywność kotwiczenia sieci wirów, rozwinięcie własnej metody analizy wysokopolowych centrów kotwiczenia oraz rozszerzenie badań na nowe układy materiałowe obejmujące przewody MgB_2 i $Mg^{11}B_2$. Istotnym osiągnięciem jest również przeniesienie analiz mechanizmów kotwiczenia na zakres podwyższonych temperatur roboczych oraz wykazanie wpływu obróbki wysokociśnieniowej i technologii IMD na właściwości transportowe materiałów nadprzewodnikowych. Szczególną wartość poznawczą mają te publikacje, w których interpretacja wyników transportowych została powiązana z bezpośrednią charakterystyką mikrostrukturalną prowadzoną przy użyciu technik TEM, SAED i innych metod mikroskopowych.

W świetle przedstawionych wyników należy podkreślić, że osiągnięcie Habilitanta nie sprowadza się do pojedynczego rezultatu eksperymentalnego ani do rozwiązania jednego, wąsko zdefiniowanego problemu badawczego. Jego wartość wynika przede wszystkim z konsekwentnego rozwijania spójnego programu naukowego poświęconego fizyce stanu mieszanego nadprzewodników, obejmującego badania zależności pomiędzy mikrostrukturą materiału, mechanizmami kotwiczenia sieci wirów oraz transportową gęstością prądu krytycznego. Program

ten był rozwijany systematycznie przez wiele lat i doprowadził do uzyskania wyników rozszerzających wiedzę o oddziaływaniu wirów z defektami strukturalnymi w materiałach nadprzewodnikowych oraz o możliwościach kontrolowania tych oddziaływań poprzez odpowiednio dobrane procesy technologiczne.

W mojej ocenie największe znaczenie osiągnięcia polega na połączeniu badań mikrostrukturalnych, transportowych i materiałowych w spójne podejście interpretacyjne pozwalające analizować ewolucję mechanizmów kotwiczenia w różnych przewodach nadprzewodnikowych. Dzięki temu przedstawiony cykl wnosi oryginalny wkład do badań nad fizyką nadprzewodników II rodzaju i stanowi wartościowy element rozwoju dyscypliny nauki fizyczne.

9. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawione osiągnięcie habilitacyjne ma postać cyklu dziewięciu tematycznie powiązanych publikacji naukowych poświęconych mechanizmom kotwiczenia sieci wirów w przewodach nadprzewodnikowych NbTi, MgB_2 oraz $Mg^{11}B_2$. Publikacje te dokumentują dojrzały i konsekwentnie rozwijany program badawczy prowadzony przez Habilitanta w obszarze fizyki nadprzewodników.

W mojej ocenie uzyskane wyniki wnoszą nową wiedzę dotyczącą oddziaływania sieci wirów z defektami strukturalnymi oraz wpływu mikrostruktury na właściwości transportowe nadprzewodników. Stanowią tym samym znaczący wkład w rozwój nauk fizycznych, w szczególności fizyki nadprzewodników.

Przedstawiony cykl publikacji wskazuje na samodzielność naukową Habilitanta oraz jego zdolność do formułowania i konsekwentnego rozwijania własnego programu badawczego. W konsekwencji stwierdzam, że przedstawione osiągnięcia naukowe spełniają wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, a tym samym popieram wniosek o nadanie dr. inż. Danielowi Gajdzie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.

Signed by /
Podpisano przez:

Michał Piotr Majka
Politechnika
Lubelska

Date / Data:
2026-09-19 14:48