

Prof. dr hab. Czesław Kapusta

27.06.2024.

Katedra Fizyki Ciała Stałego

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**Recenzja dorobku dr Karola Synoradzkiego w związku z postępowaniem
o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Niniejsza recenzja została sporządzona na zlecenie Dyrektora Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, w oparciu o załączone materiały zawierające: wniosek przewodni Kandydata do stopnia doktora habilitowanego, kopię dyplomu doktorskiego, wykaz osiągnięć naukowych, autoreferat, kopie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego będącego podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego oraz oświadczenia współautorów tych prac. Recenzent wykorzystał również dane dostępne w bazach naukowych SCOPUS i Web of Science.

Informacje o Kandydacie do stopnia doktora habilitowanego

Pan Dr Karol Synoradzki jest absolwentem Wydziału Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej, gdzie w 2010 roku uzyskał tytuł magistra inżyniera, a następnie ukończył tam studia podyplomowe na Wydziale Elektrycznym. Stopień doktora nauk fizycznych uzyskał w 2015 roku w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu na podstawie rozprawy zatytułowanej „Badania własności strukturalnych i magnetycznych wybranych związków manganu”, której promotorem był Prof. dr hab. Tomasz Toliński. Obrona rozprawy została przyjęta z wyróżnieniem. Po uzyskaniu stopnia doktora został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN, a następnie odbył trzyletni staż po-doktorski jako adiunkt, w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, w ramach projektu NCN Maestro kierowanego przez Prof. dr hab. Dariusza Kaczorowskiego. W latach 2019-2020 odbył roczny staż po-doktorski na stanowisku adiunkta w Centrum NanoBioMedycznym Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu w ramach projektu FNP FirstTeam kierowanego przez

Dr hab. Mikołaja Lewandowskiego, profesora UAM. Obecnie jest nadal zatrudniony w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu jako adiunkt.

Informacja o obowiązujących przepisach prawnych

Jako wykładnię prawną w recenzji przyjęto artykuł 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z tym przepisem „stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora;
2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej, w tym co najmniej:

a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a) ustawy, lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b ustawy, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej;

4) osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2), może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Aktywność naukowa i osiągnięcia dr Karola Synoradzkiego

Podstawą do nadania Kandydatowi stopnia doktora habilitowanego jest wskazany przez niego zbiór dziesięciu prac opatrzonych wspólnym tytułem „*Niskotemperaturowe właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne trójskładnikowych materiałów na bazie metali ziem rzadkich*” opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu

międzynarodowym, notowanych na liście Journal Citation Reports, który zostanie omówiony w dalszej części recenzji.

Dr Karol Synoradzki publikuje swoje prace m.in. w: Journal of Alloys and Compounds (7 prac), Journal of Magnetism and Magnetic Materials (5), Acta Physica Polonica (11), Applied Surface Science (3), Intermetallics (3), Journal of Applied Physics (3), Materials (3), Materials Chemistry and Physics (2) Physica B (2), Physical Review (2) oraz między innymi w Scientific Reports, Journal of Physics Condensed Matter, Journal of Rare Earths, Applied Physics, Crystals, Microchemical Journal, Journal of Environmental Chemical Engineering, International Journal of Nanomedicine czy Colloids and Surfaces B: Biointerfaces – razem w 28 czasopismach. Jest też współautorem monografii: J. Dubowik, K. Synoradzki I. Gościańska, Y. V. Kudryavtsev, The Structural and Magnetic Stability of Fe-Mn-Ga Heusler Alloys, w wydawnictwie książkowym *Heusler alloys: structure, properties and applications*, Nova Science Publishers, Inc, Hauppauge, New York, 2017. ISBN: 978-1-53614-470-3.

Łączna liczba prac Kandydata według bazy SCOPUS wynosi 58, w tym 43 po uzyskaniu stopnia doktora. Sumaryczny Impact Factor wynosi 206.5, a czasopisma naukowe w których są one opublikowane rozciągają się na 26 Web of Science Categories. W kategorii Materials Science Multidisciplinary lokuje się 26 prac, w Physics Condensed Mater i Chemistry Physical po 19, w Physics Applied 14 w Metallurgy Metallurgical Engineering 13, w Physics Multidisciplinary 11, Oncology 7, Biochemistry Molecular Biology i Materials Science Coating Films po 4, a w pozostałych 17 kategoriach – po 1 pracy.

Liczba cytowań prac dr Karola Synoradzkiego według bazy Scopus wynosi 595 (464 bez cytowań własnych), a indeks Hirscha $H=15$. Jego publikacje są cytowane w 444 pracach (404 bez cytowań własnych). Czasopisma, w których znajdują się cytowania prac Kandydata pokrywają tematycznie aż 57, czyli prawie jedną czwartą wszystkich Web of Science Categories. W Materials Science Multidisciplinary lokuje się 171 cytujących prac, w Chemistry Physical 97, w Physics Condensed Mater 92, w Physics Applied 80, w Metallurgy Metallurgical Engineering 58, w Chemistry Multidisciplinary 47, w Biochemistry Molecular Biology 33, w Nanoscience Nanotechnology i Physics Multidisciplinary po 26, w Chemistry Applied 23, w Engineering Chemical 18, w Chemistry Inorganic Nuclear 15 i mniejsze liczby cytujących prac - w pozostałych 45 kategoriach.

Dorobek naukowy pana Karola Synoradzkiego powstały przed uzyskaniem stopnia doktora, to 15 prac, z których 7 dotyczy tematyki rozprawy, gdzie zostały przedstawione aspekty zależności stopnia hybrydyzacji elektronów 4f z elektronami

przewodnictwa od składu pierwiastkowego w związkach $\text{Ce}(\text{Cu}_{1-x}\text{Ni}_x)\text{Mn}_y\text{Al}_{1-y}$. Pięć prac dotyczy badań efektu magnetokalorycznego w różnych związkach międzymetalicznych, a jedna – badań nanokolumn kobaltu uzyskanych epitaksjalnym nanoszeniem z wiązki molekularnej.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant badał efekt termoelektryczny w fazach Heuslera, czego efektem było 8 publikacji. Pracował również nad zagadnieniami struktury i superparamagnetycznych właściwości materiałów hybrydowych z nanocząstkami magnetycznymi do zastosowań biomedycznych i w ochronie środowiska, co zaowocowało dziewięcioma publikacjami. Badał także efekty modyfikacji struktury elektronowej roztworów stałych na bazie ceru przez domieszkowanie, co zostało przedstawione w 7 pracach. Zajmował się także między innymi badaniem wielowarstw wanad-żelazo, kompozytów $\text{TiO}_2\text{-MoO}_3$ i ultra cienkich warstw FeO na monokrystalicznym podłożu rutenowym.

Wyniki swoich pan Karol Synoradzki przedstawiał w 31 prezentacjach konferencyjnych, w dominującej większości w formie plakatu. Trzy z nich były prezentacjami ustnymi. Był trzykrotnie członkiem komitetu organizacyjnego The European Conference Physics of Magnetism, Poznań oraz członkiem komitetów organizacyjnych 12th International Conference on Cryocrystals and Quantum Crystals, Computational Methods in Materials Science 2021 (on-line) i ECMetAC Days. Uczestniczył w sześciu kilku-kilkunastodniowych zagranicznych szkołach i warsztatach oraz w jednej, która odbyła się w Polsce (ECMetAC Euroschool 2018, Kraków). Wygłosił także sześć wykładów seminaryjnych: pięć w instytucjach krajowych (INTiBS UAM, UŚ) i jeden w Helmholtz Zentrum w Berlinie..

Udział Habilitanta w projektach badawczych przedstawia się następująco: był kierownikiem projektu NCN MINIATURA 2021 „Termoelektryczne nanokompozyty na bazie stopów Heuslera wytworzone z amorficznych prekursorów”, wykonawcą w dwóch projektach prowadzonych przez Prof. Dariusza Kaczorowskiego MAESTRO i OPUS-w realizacji, wykonawcą w projekcie FNP First TEAM kierowanym przez Prof. Mikołaja Lewandowskiego oraz wykonawcą w projekcie MNiSW prowadzonym przez Prof. Tomasza Tolińskiego. Obecnie bierze udział w realizacji projektu europejskiego w ramach Horyzont 2022 – organizacji Europejskiej Nocy Naukowców (NIGHT4FUTURE).

Dr Karol Synoradzki działał jako Guest-Editor w Journal of Magnetism and Magnetic Materials dla materiałów pokonferencyjnych z The European Conference Physics of Magnetism 2021. Był też recenzentem (51 razy) dla 23 czasopism, w tym tak prestiżowych, jak Physical Review B, Scientific Reports, czy Physics Today. Jest

członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz Sekretarzem Polskiego Towarzystwa Badań Materiałowych. Jest także członkiem Rady Naukowej IFM PAN w obecnej kadencji 2023 – 2026.

**Omówienie osiągnięcia wskazanego jako podstawa do nadania stopnia
doktora habilitowanego**

Zbiór prac opatrzonych wspólnym tytułem „*Niskotemperaturowe właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne trójskładnikowych materiałów na bazie metali ziem rzadkich*” wskazany przez dr Karola Synoradzkiego jako podstawa do nadania stopnia doktora habilitowanego składa się z następujących dziesięciu publikacji wydanych w latach 2017 – 2023 w renomowanych czasopismach o międzynarodowym zasięgu, znajdujących się na liście Journal Citation Reports oraz w ministerialnym wykazie czasopism naukowych:

1. K. Synoradzki, Spin-Glass Behavior in LaCu_4Mn Compound, *Acta Physica Polonica A* **131** (2017) 1024, IF 0.7, 70 pkt.

2. K. Synoradzki, K. Ciesielski, D. Kaczorowski, Magnetocaloric Effect in Antiferromagnetic Half-Heusler Alloy DyNiSb , *Acta Physica Polonica A* **133** (2018) 691, IF 0.7, 70 pkt.

3. K. Synoradzki, Magnetocaloric effect in antiferromagnetic TmNiSn compound, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **482** (2019) 219, IF 2.7, 100 pkt.

4. K. Synoradzki, D. Das, A. Frąckowiak, D. Szymański, P. Skokowski, D. Kaczorowski, Study on magnetocaloric and thermoelectric application potential of ferromagnetic compound CeCrGe_3 , *Journal of Applied Physics* **126** (2019) 075114, IF 3.2, 100 pkt.

5. K. Synoradzki, P. Nowotny, P. Skokowski, T. Toliński, $\text{Gd}_5(\text{Si,Ge})_4$ based alloys and composites, *Journal of Rare Earths* **37** (2019) 1218, IF 4.9, 70 pkt.

6. K. Synoradzki, Magnetocaloric effect in spin-glass-like GdCu_4Mn compound, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **546** (2022) 168857, IF 2.7, 100 pkt.

7. K. Synoradzki, M. Koterlyn, J. Sebesta, D. Legut, T. Toliński, $\text{CeSi}_{1.2}\text{Ga}_{0.8}$ alloy: Study on magnetocaloric and thermoelectric properties, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **547** (2022) 168833, IF 2.7, 100 pkt.

8. K. Synoradzki, P. Skokowski, Ł. Frąckowiak, M. Koterlyn, T. Toliński, Magnetocaloric properties in cryogenic temperature range of ferromagnetic

CeSi_{1.3}Ga_{0.7} alloy, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **547** (2022) 168886, IF 2.7, 100 pkt.

9. K. Synoradzki, A. Frąckowiak, D. Szewczyk, T. J. Bednarchuk, D. Das, D. Kaczorowski, Magnetic, magnetocaloric and thermoelectric properties of NdCrGe₃, Journal of Alloys and Compounds. **967** (2023) 171713, IF 6.2, 140 pkt.

10. K. Synoradzki, Low-temperature magnetic and magnetocaloric properties of orthorhombic DyNiSn, Physica B: Condensed Matter. **669** (2023) 415300, IF 2.8, 70 pkt.

Załączone kopie oświadczeń współautorów, jak również fakt, że w tych wszystkich pracach Habilitant jest pierwszym lub jedynym autorem, świadczą o jego dominującym wkładzie w ich powstanie i wiodącej roli w uzyskaniu przedstawionych w nich wyników naukowych. Sumaryczny współczynnik wpływu IF tych publikacji wynosi 29.3, a łączna liczba punktów ministerialnych, to 920.

Prace te przedstawiają głównie wyniki badań właściwości magnetycznych i magnetokalorycznych, ich relacji ze strukturą krystaliczną i zależności od podstawień pierwiastkowych dla pięciu grup materiałów: a) związków międzymetalicznych typu RNiX, gdzie R - metal ziemi rzadkiej, X - metaloid, b) związków typu RCu₅ domieszkowanych manganem, c) związków typu RCrGe₃, d) stopów CeSi_{2-x}Ga_x oraz e) związku Gd₅Si₄ z częściowym domieszkowaniem borem i Gd₅Ge₂Si₂ oraz jego kompozytu z gadolinem, a także Gd₅Si₄ poddawanego mieleniu. Grupy te reprezentują różne rodzaje struktur krystalicznych i magnetycznych oraz różne temperatury przejść magnetycznych, a więc i różne zakresy temperaturowe występowania efektu magnetokalorycznego, co jest ważne również ze względu na możliwości jego wykorzystania w różnych zastosowaniach praktycznych.

Oprócz kompleksowo i profesjonalnie badanych właściwości magnetycznych i magnetokalorycznych dla wybranych materiałów przeprowadzone zostały również badania właściwości termoelektrycznych, a podstawową charakteryzacją było określenie struktury krystalicznej i składu fazowego metodą dyfraktometrii rentgenowskiej i analizy Rietvelda. Pewien niedosyt zostawia tutaj zbyt powierzchowne potraktowanie analizy zmian struktury krystalicznej spowodowanych mieleniem (praca H5). Dyfraktogramy są przedstawione z dużą kompresją w osi pionowej, wskutek czego nie są widoczne linie dyfrakcyjne i nie można ocenić efektu ich poszerzenia. Przeprowadzenie analizy Williamsona-Halla, które powinno być możliwe przynajmniej dla krótszych czasów mielenia, mogłoby dać informację o gęstości defektów i rozmiarze kryształitów (długości koherencji struktury krystalicznej). To umożliwiłoby zilustrowanie relacji właściwości magnetycznych

i magnetokalorycznych do gęstości defektów i/lub rozmiarów krystalitów i ewentualne określenie ich zależności względnej.

Aktywność naukowa w innych ośrodkach

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, a następnie odbył trzyletni staż po-doktorski jako adiunkt, w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, w ramach projektu NCN Maestro kierowanego przez Prof. dr hab. Dariusza Kaczorowskiego. W latach 2019-2020 odbył roczny staż po-doktorski na stanowisku adiunkta w Centrum NanoBioMedycznym Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, w ramach projektu FNP FirstTeam kierowanego przez Dr hab. Mikołaja Lewandowskiego, profesora UAM.

Brał udział w sześciu kilkudniowych wyjazdach i jednym dwutygodniowym wyjeździe na pomiary do takich ośrodków, jak: Narodowe Centrum Promieniowania Synchronotronowego SOLARIS w Krakowie, Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni w Krakowie, Institut Laue-Langevin w Grenoble, Max Planck Institut w Dreźnie i Helmholtz Zentrum w Berlinie. Nie odbył jeszcze, a szkoda, dłuższego stażu w zagranicznym ośrodku, co na pewno byłoby korzystne dla jego rozwoju naukowego.

Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne oraz popularyzujące naukę

Pan Dr Karol Synoradzki był promotorem jednej pracy licencjackiej, trzech inżynierskich i dwóch magisterskich oraz promotorem pomocniczym w trzech przewodach doktorskich, na trzech Uczelniach (PP, PW, UW) i w dwóch Instytutach PAN (INTiBS i IFM). Prowadził zajęcia praktyczne i wykład na warsztatach Niskie Łąki w INTiBS PAN. Na ECMetAC Euroschool 2018 (AGH Kraków) organizowanej przez sieć badawczą European Integrated Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds prowadził zajęcia „Magnetocaloric Effect Tutorial” w języku angielskim dla grupy kilkunastu uczestników z różnych krajów. Aktywnie działał na rzecz popularyzacji nauki biorąc udział w Poznańskich Festiwalach Nauki i Sztuki oraz Nocach Naukowców. Wielokrotnie prowadził warsztaty na temat magnetyzmu, nadprzewodnictwa, zjawiska termoelektrycznego i magnetokalorycznego. Wygłosił dwa wykłady popularnonaukowe w ramach cyklu Fizyka Warta Poznania,

odpowiednio na temat efektu termoelektrycznego i monokryształów, które są dostępne w Internecie.

Na swoim stanowisku pracy opiekuje się aparaturą PPMS (Physical Property Measurement System) w laboratoriach Zakładu Fizyki Magnetyków. Podczas pracy w INTiBS PAN we Wrocławiu brał udział w organizowaniu laboratorium wysokotemperaturowych badań termoelektrycznych, a na stażu w CNBM UAM – w organizowaniu pracy laboratorium z aparaturą XPS, LEED i STM.

W dziedzinie współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym ma na swoim koncie przeprowadzenie badań właściwości magnetycznych różnego rodzaju materiałów dla dwóch firm krajowych, jednej z Holandii i jednej z Danii.

Konkluzja recenzji

Biorąc pod uwagę powyżej przeanalizowane aspekty dorobku dr Karola Synoradzkiego stwierdzam, że jego dorobek naukowy stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne i znajduje duże i szybko rosnące zainteresowanie wśród innych badaczy, odzwierciedlone między innymi dwukrotnym zwiększeniem rocznej liczby cytowań jego prac w ciągu ubiegłych 4 lat do ponad 140 w 2023 roku. Habilitant wykazuje także wysoką aktywność w dziedzinie kształcenia nowej kadry naukowej (promotor pomocniczy - trzykrotnie), dydaktyki, m.in. w zakresie opieki nad pracami inżynierskimi i magisterskimi oraz na polu popularyzacji nauki. Składam zatem wniosek o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

/podpisał: prof. dr hab. Czesław Kapusta/