

Warszawa 15/07/2024

Prof. dr hab. Henryk Szymczak
Instytut Fizyki
Polskiej Akademii Nauk

Recenzja osiągnięcia naukowego dr Mateusza Gorycy pt. „Optyczne badania dwuwymiarowych systemów spinowych niekonwencjonalnymi metodami eksperymentalnymi.”

oraz ocena dorobku naukowego

Formalne podstawy oceny osiągnięć Kandydata.

Oceny dokonuję zgodnie z Art.219 . ust. 1 określającym wymogi niezbędne do nadania stopnia doktora habilitowanego

Art. 219. 1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora;

2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,

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, 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, lub**

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

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

W recenzji rozpatrzone zostaną szczegółowo sformułowane powyżej warunki.

Ad. 1

Dr Mateusz Goryca jest absolwentem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Tytuł magistra fizyki został mu nadany z wyróżnieniem w 2007 roku. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki został mu nadany z wyróżnieniem przez Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz przez Université Joseph Fourier (obecnie Université Grenoble Alpes) w 2013 roku. Praca doktorska została zrealizowana na obu uniwersytetach w ramach programu *cotutelle*; tytuł rozprawy doktorskiej: „*Spin dynamics in low-dimensional semiconductor structures* „. Dr Mateusz Goryca po doktoracie został zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki UW w okresie 2013-2017. W okresie 2017-2020 przebywał na stażu podoktorskim w Los Alamos National Laboratory. Po zakończeniu stażu powrócił na stanowisko adiunkta na Wydziale Fizyki UW.

Tak więc dwa z wymienionych powyżej warunków (posiadanie doktoratu i aktywność naukowa w zagranicznych jednostkach naukowych: we Francji i USA) są spełnione. Nie ulega wątpliwości, że początkową część kariery naukowej dra Mariusza Gorycy a zwłaszcza wyróżnienia magisterium i doktoratu należy uznać za bardzo obiecującą i dającą podstawy o ubieganie się o stopień doktora habilitowanego .

Ad. 2 b)

Dla osiągnięcia planowanego celu Habilitant przedstawia cykl 7. powiązanych tematycznie publikacji wieloautorskich. Są to następujące prace:

- [G1] M. Goryca, J. Li, A. V. Stier, T. Taniguchi, K. Watanabe, E. Courtade, S. Shree, C. Robert, B. Urbaszek, X. Marie and S. A. Crooker, "*Revealing exciton masses and dielectric properties of monolayer semiconductors with high magnetic fields*", *Nature Comm.* 10, 4172 (2019)
- [G2] M. Goryca, N. P. Wilson, P. Dey, X. Xu and S. A. Crooker, "*Detection of thermodynamic 'valley noise' in monolayer semiconductors: Access to intrinsic valley relaxation time scales*", *Science Advances* 5, eaau4899 (2019).
- [G3] J. Li, M. Goryca, N. P. Wilson, A. V. Stier, X. Xu and S. A. Crooker, "*Spontaneous Valley Polarization of Interacting Carriers in a Monolayer Semiconductor*", *Physical Review Letters* 125, 147602 (2020).
- [G4] M. Goryca, X. Zhang, J. Li, A. L. Balk, J. D. Watts, C. Leighton, C. Nisoli, P. Schiffer and S. A. Crooker, "*Field-Induced Magnetic Monopole Plasma in Artificial Spin Ice*", *Physical Review X* 11, 011042 (2021).
- [G5] J. Li, M. Goryca, J. Choi, X. Xu and S. A. Crooker, "*Many-body exciton and inter-valley correlations in heavily electron-doped WSe₂ monolayers*", *Nano Lett.* 22, 426 (2022).
- [G6] M. Goryca, X. Zhang, J. D. Watts, C. Nisoli, C. Leighton, P. Schiffer, and S. A. Crooker, "*Magnetic field dependent thermodynamic properties of square and quadrupolar artificial spin ice*", *Physical Review B* 105, 094406 (2022).
- [G7] M. Goryca, X. Zhang, J. Ramberger, J. D. Watts, C. Nisoli, C. Leighton, P. Schiffer, and S. A. Crooker, "*Deconstructing Magnetization Noise: Degeneracies, Phases, and Mobile Fractionalized Excitations in Tetris Artificial Spin Ice*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, in press (2023).

Zgodnie z warunkami zapisanymi we wstępnej części recenzji powyższe prace zostaną przeanalizowane pod kątem określenia ich wzajemnego powiązania tematycznego oraz roli Habilitanta w ich powstaniu. Na podkreślenie zasługuje wysoka jakość czasopism (wysoki Impact Factor) w których opublikowano oceniane prace. Prace te powstały stosunkowo niedawno (lata 2019-2023) dlatego liczba ich cytowań jest niewielka. Jedynym wyjątkiem jest praca **G1** już cytowana ponad 200 razy. W tej sytuacji liczby cytowań nie można wykorzystać do oceny i porównania poszczególnych prac. To co łączy publikacje wchodzące w omawiany zestaw habilitacyjny to tematyka badawcza obejmująca dwuwymiarowe układy spinowe. Badania te obejmują dwie całkowicie różne grupy materiałów: monowarstwy dichalkogenków metali przejściowych i układy sztucznego lodu spinowego. Nie ulega wątpliwości, że jest to tematyka bardzo atrakcyjna poznawczo, dotycząca bardzo ważnych problemów z zakresu fizyki fazy skondensowanej, w rozwiązanie których zaangażowane są wiodące ośrodki badawcze. Różnorodność badanych materiałów wymusza, niejako automatycznie, stosowanie różnorodnych metod pomiarowych. Oryginalną częścią recenzowanych badań było właśnie zastosowanie **niekonwencjonalnych** metod pomiarowych (co zaznaczono zresztą w tytule osiągnięcia habilitacyjnego). Do badań układów optoelektronicznych Habilitant korzystał z rzadko stosowanych ekstremalnych pól magnetycznych rzędu 100 T (wytwarzanych m.in. za pomocą najsilniejszego na świecie, zdaniem autorów, nieniszczącego magnezu impulsowego). W prowadzonych pomiarach nie analizowano, niestety, różnego rodzaju ograniczeń związanych z różnymi zjawiskami kalorycznymi występującymi w badanych materiałach w bardzo silnych polach impulsowych. Zjawiska te, jak się wydaje, nie wpływają jednak w istotny sposób na zmiany temperaturowe w prowadzonych pomiarach co nie usprawiedliwia, zdaniem recenzenta,

ich całkowitego pominięcia. Recenzentowi brakuje również, w ramach omawianego osiągnięcia, porównania stosowanej metody z techniką indukowanych różnymi metodami polami pseudomagnetycznymi, szczególnie efektywnymi w pomiarach materiałów niskowymiarowych. Do badań sztucznego lodu spinowego Habilitant stosował oryginalne metody spektroskopii szumów. Metoda tą zastosowana została również do badania monowarstw dichalkogenków metali przejściowych, łącząc w ten sposób badania w dwu pozornie całkowicie różnych grupach materiałów i spełniając jednocześnie wymagania narzucone warunkiem **2b**.

Niezwykle ważnym problemem jest określenie udziału Habilitanta w prowadzonych badaniach a zwłaszcza w sformułowaniu ich koncepcji. Istotną wskazówką może tu być obserwacja, że na siedem publikacji tworzących bazę podstawowego osiągnięcia aż w pięciu pierwszym autorem jest Habilitant. Obserwacja ta współgra z sugestiami Habilitanta zawartymi w Autoreferacie o jego wiodącej roli w powstaniu większości omawianych publikacji. Do wniosku dołączone są oświadczenia najważniejszych współautorów (najważniejszych zdaniem Habilitanta i również zdaniem recenzenta) sugerujące udział poszczególnych współautorów w powstaniu omawianych prac. Wspomniane sugestie mogą dotyczyć również pracy **G7**, która ukazała się z pewnym opóźnieniem i nie była analizowana w poszczególnych oświadczeniach. Współautorzy widzą wiodącą rolę Habilitanta jedynie w powstaniu pracy **G6**. Podkreślają natomiast wiodącą lub istotną rolę Habilitanta w części **pomiarowej** wszystkich prac, w **analizie** wyników doświadczalnych oraz w ostatecznej **redakcji** publikacji. Zwyczajowo oczekuje się, że Habilitant powinien być autorem koncepcji badań składających się na habilitację. Tego typu warunku nie znajdujemy sformułowanego explicite w przepisach cytowanych we wstępie do niniejszej recenzji. Zdaniem recenzenta i w oparciu o analizę dorobku naukowego współautorów omawianych prac autorem koncepcji prowadzonych badań jest niewątpliwie dr S.A. Crooker. Biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom merytoryczny omawianych prac oraz ich bardzo szeroki i aktualny zakres recenzent uważa, że chociaż Habilitant nie był inicjatorem wszystkich przedstawionych prac to jednak warunek **2b** jest spełniony gdyż był on inicjatorem i głównym wykonawcą części doświadczalnej habilitacji. Był on autorem koncepcji przeprowadzenia nietrywialnych pomiarów.

Na całkowity dorobek publikacyjny Habilitanta składa się 97 wieloautorskich prac opublikowanych w recenzowanych angielskojęzycznych czasopismach. Prace te cytowane są stosunkowo często: 1140 razy według bazy Scopus (bez samocytowań). Do dorobku naukowego dra Gorycy należy również włączyć prezentacje na konferencjach w których brał on aktywny udział. Habilitant przedstawił dotychczas 19 referatów na zaproszenie (15 po doktoracie!) . W ostatnich latach większość tych referatów jest powiązana tematycznie z problematyką habilitacji pogłębiając wagę poruszanych w niej zagadnień.

Podobną rolę pogłębiającą problematykę habilitacyjną daje udział a szczególnie kierowanie projektami badawczymi. Habilitant kierował po doktoracie trzema projektami NCN a przed doktoratem- dwoma projektami badawczymi.

Na pytanie o najważniejszy wynik uzyskany w ramach habilitacji i stanowiący znaczny wkład w rozwój uprawianej dyscypliny dr M. Goryca nie odpowiada jednoznacznie wskazując na wszystkie 7 publikacji składających się na osiągnięcie habilitacyjne. Chociaż są to niewątpliwie bardzo dobre prace to jednak warto zauważyć, że na szczególne wyróżnienie spośród nich zasługują badania atomowo cienkich kryształów dichalkogenków metali przejściowych, inspirowane przy tym wyborze niezwyklejmi właściwościami warstw grafenu. Podobnie jak grafen dwuwymiarowe kryształy dichalkogenków metali przejściowych charakteryzują się właściwościami fizycznymi zdecydowanie różnymi od ich analogów objętościowych. Dotyczą one przede wszystkim ich właściwości mechanicznych i transportowych. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że dzięki prostej

przerwie energetycznej materiały te są optycznie aktywne, w przeciwieństwie do nieaktywnych optycznie ich analogów objętościowych. Obecność prostej przerwy energetycznej otwiera możliwość badania właściwości warstwowych dichalkogenków metali przejściowych metodami optycznymi co po mistrzowsko wykorzystano w omawianym wniosku. Warto też zauważyć, że występowanie prostej przerwy energetycznej oferuje nowe możliwości zastosowań tych materiałów przede wszystkim w fotonice, co czyni omawianą tematykę bardzo aktualną i atrakcyjną poznawczo. Związane jest to niewątpliwie z faktem, że te aktywne optycznie warstwy relatywnie łatwo emitują światło i ze względu na znaczną wydajność w porównaniu do ich skośnoprzerwowych analogów objętościowych, mogą być wykorzystane w różnorodnych urządzeniach optoelektronicznych.

Ad 3

Habilitant w okresie 09.2017-10.2020 przebywał w prestiżowym Los Alamos National Laboratory, gdzie zajmował się pracą naukową jako Director's Postdoctoral Fellow. W szczególności badał dynamikę spinową i dolinową w niskowyniarowych dichalkogenkach metali przejściowych oraz spektroskopię szumu spinowego w układach sztucznego lodu spinowego. Tak więc pobyt Los Alamos pozwolił mu na opanowanie metod zastosowanych z powodzeniem w pracy nad rozprawą habilitacyjną. Biorąc pod uwagę pobyt dr Gorycy w Grenoble w okresie pracy nad doktoratem uważam, że ustawowy **wymóg 3** został spełniony.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzującego naukę

W okresie **zatrudnienia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego dr M. Goryca** prowadził liczne zajęcia dydaktyczne, w tym m.in.:

Wstęp do optyki i *fizyki materii skondensowanej* (wykład oraz ćwiczenia dla studentów III roku studiów I stopnia);

Metody obliczeniowe w analizie danych eksperymentalnych fizyki materii skondensowanej (koncepcja przygotowana i realizowana przez dra M.Gorycę) .

Pracownia fizyczna i elektroniczna (laboratorium dla studentów II roku studiów I stopnia);

Analiza niepewności pomiarowych i pracownia wstępna (laboratorium dla studentów II roku studiów I stopnia); ***Pracownia specjalistyczna*** (laboratorium dla studentów I roku studiów II stopnia);

Oprócz zajęć dydaktycznych dr M.Goryca zajmował się opieką nad różnego rodzaju pracami dyplomowymi. Był m.in. :

Promotorem pomocniczym **pracy doktorskiej Julii Kucharek (w trakcie)**, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski;

Promotorem pomocniczym pracy doktorskiej Tomasza Smoleńskiego, "*Spektroskopia kropek*

CdSe/ZnSe z pojedynczymi jonami Fe²⁺", Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 2018;
Promotorem pracy magisterskiej Melanii Deresz, "*Impulsowe pomiary relaksacji namagnesowania półprzewodników półmagnetycznych*", Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 2014;
Promotorem pracy magisterskiej Małgorzaty Zinkiewicz, "*Pomiary czasów relaksacji spinowej jonu Mn²⁺ w strukturach selenkowych*", Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 2014;
Promotorem pracy licencjackiej Tomasza Łopiona, "*Optyczna spektroskopia monowarstw dwusiarczku wolframu domieszkowanych wanadem*", Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 2023;
Promotorem pracy licencjackiej Wojciecha Kolesińskiego, "*Wytwarzanie eksfoliowanych struktur półprzewodnikowych metodą suchego stempla*", Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, 2022.

Dr M. Goryca był laureatem Olimpiady. Po studiach kontynuował w różnej formie kontakty z tą organizacją. Od 2011 r. jest **członkiem Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej**. W latach **2014-2017** sprawował dodatkowo funkcję Sekretarza Naukowego ds. Zadań Doświadczalnych, oraz brał udział w tworzeniu zadań oraz szkoleniu członków polskiej reprezentacji na Olimpiady Międzynarodowe.

Od 2021 r. dr M. Goryca jest odpowiedzialny za nadzór nad realizacją modernizacji i **rozbudowy infrastruktury do odzysku i skraplania gazowego helu** na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Działania te są prowadzone w ramach przedsięwzięcia *Helium Infrastructure for Ochota Campus*, finansowanego w ramach projektu *Inicjatywa Doskonałości Uniwersytet* Badawczy na Uniwersytecie Warszawskim.

Podsumowanie

Recenzent wysoko ocenia osiągnięcia naukowe dra M. Gorycy zawarte w rozprawie habilitacyjnej oraz w pozostałym dorobku publikacyjnym. Na uwagę zasługuje podejmowanie problematyki bardzo aktualnej, w której udział biorą najlepsze grupy badawcze korzystające z nowoczesnych metod pomiarowych. Niewątpliwie istotny wpływ na jego rozwój miał staż naukowy w bardzo dobrych ośrodkach badawczych. Zwraca również uwagę kompozycja rozprawy. Badania dotyczą dwu całkowicie różnych dwuwymiarowych układów spinowych. Różnice te dotyczą nie tylko ich właściwości fizycznych ale również perspektyw ich praktycznego wykorzystania. Dichalkogenki metali przejściowych są już wykorzystywane w fotonice podczas gdy sztuczny lud spinowy jest częścią przyszłego działu techniki- magnetyczności, wykorzystującego monopole magnetyczne. Przewiduję intensywny rozwój tego działu nauki. Ważną i podstawową częścią rozprawy jest opracowanie i rozwój szeregu nowych, nietrywialnych metod pomiarowych. Biorąc to wszystko pod uwagę uważam, że dr M. Goryca spełnia wszystkie

warunki stawiane kandydatom do tytułu doktora habilitowanego i wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów tej procedury.

H Szymek