

UNIwersytet Jagielloński
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Prof. dr hab. Andrzej Michał Oleś

Ocena rozprawy habilitacyjnej
”Electronic spin and charge properties of
high-temperature superconductors and manganese perovskites”
czyli: ”Elektronowe własności spinowe oraz ładunkowe
nadprzewodników wysokotemperaturowych oraz perowskitów manganowych”
oraz dorobku naukowego Pana dra inż. Damiana Rybickiego

Pan dr inż. Damian Rybicki uzyskał stopień doktora na podstawie wyróżnionej rozprawy doktorskiej pt. *”Nuclear magnetic resonance study of selected Ruddlesden-Popper manganites”*, obronionej na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Karola w Pradze oraz na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, w roku 2007; od roku 2007 jest zatrudniony w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, aktualnie na stanowisku adiunkta. W latach 2007-2014 odbył staż podoktorski na Wydziale Fizyki i Nauk Geofizycznych Uniwersytetu w Lipsku.

Działalność naukowa p. dra D. Rybickiego, zwanego dalej Autorem, koncentruje się wokół zagadnień związanych z własnościami magnetycznymi manganitów oraz nadprzewodników wysokotemperaturowych. Tlenki metali przejściowych z tych dwóch grup zostały przebadane przez Habilitanta metodą NMR. Trzy nurty tematyczne prac Habilitanta to badania eksperymentalne:

- (1) manganitów z kolosalnym magnetooporem;
- (2) własności magnetycznych oraz rozkładu ładunku w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych;
- (3) własności wybranych materiałów funkcjonalnych oraz izolatora topologicznego Bi_2Se_3 .

Rozprawa habilitacyjna dotyczy zagadnień objętych tematami (1) i (2), przy czym badania w temacie (1) są pewnym uzupełnieniem wcześniejszych. Moją ocenę dorobku naukowego Habilitanta rozpocznę od dyskusji wyników merytorycznych uzyskanych przez Niego w pracach opublikowanych wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej.

Badania prowadzone przez p. dra inż. D. Rybickiego doprowadziły do powstania cyklu ośmiu tematycznie ze sobą związanych prac, traktujących kompleksowo problem własności magnetycznych w wybranych manganitach oraz nadprzewodnikach wysokotemperaturowych. Wszystkie prace ukazały się w czasopiśmie o szerokim zasięgu, w tym:

- 1 praca w czasopiśmie w wysokim (12.4) impakcie *Nature Communications*;
- 4 prace w prestiżowym czasopiśmie fizycznym w dziedzinie fizyki materii skondensowanej, *Physical Review B*, w tym 2 prace jako *Rapid Communication*;
- 2 prace w znanym czasopiśmie *Journal of Physics: Condensed Matter*, oraz
- 1 praca w czasopiśmie *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*.

Tym samym został spełniony warunek opublikowania pracy habilitacyjnej.

Na wstępie warto podkreślić, że wśród prac składających się na habilitację brak prac monoautorskich; wszystkie osiem prac powstało w niezbyt licznych zespołach 5-7 osobowych, co w badaniach doświadczalnych w fizyce jest obecnie zjawiskiem powszechnym. Osiągnięcie liczących się wyników naukowych w fizyce eksperymentalnej jest bowiem możliwe jedynie poprzez wspólny wysiłek dość licznej grupy badawczej, korzystającej z wysokiej jakości

próbek wyprodukowanych przez specjalistów w tej dziedzinie oraz z nowoczesnej aparatury. O wysokim poziomie tych prac i prezentowanych w nich wyników najlepiej świadczy fakt, że powstały one w wyniku współpracy Autora ze światowej klasy ekspertami w dziedzinie badań silnie skorelowanych tlenków metali przejściowych; wymienię tu tylko prof. prof. O. Sushkov, M. Ibarra, G.V.M. Williams, Cz. Kapusta, oraz J. Hasse. Obowiązkiem recenzenta jest w tej sytuacji ustalenie, w jakim stopniu prace objęte rozprawą stanowią samodzielny dorobek naukowy Habilitanta. Jest to możliwe dzięki oświadczeniom współautorów dołączonym do dokumentacji przewodu habilitacyjnego.

Zwraca uwagę fakt, że w pięciu pracach składających się na habilitację Pan Rybicki jest pierwszym autorem, a w trzech pozostałych — drugim. Świadczy to niewątpliwie o Jego dominującym lub istotnym wkładzie w uzyskane wyniki omawiane w tych pracach.

Jeden z głównych współautorów (6 prac wspólnych), prof. J. Haase, podkreśla dominującą rolę dra D. Rybickiego w wykonanych pracach, a na zakończenie stwierdza: *"I would like to mention that Dr. Damian Rybicki was a post-doctoral researcher in my group for 7 years. He was heavily involved in all breakthrough experiments either directly by conducting independent scientific research that could be held to the highest standards, or indirectly by assisting and supervising MSc and PhD students. I am certain that he is able to conduct independent high quality research."*

John F. Mitchell, Argonne Distinguished Fellow i współautor najnowszej pracy [O8], napisał do Autora: *"As you know, I also contributed to the editing of the manuscript you prepared, making several suggestions that you took up in revision. The outcome was a very nice study of these correlated electron materials that helps to understand the relatively limited doping range available (i.e., range of stability as a function of x). Thank you for the opportunity to participate in your work."*

Pozostałe osoby określają swój wkład w prace powstałe w większych zespołach jako niewielki i wynikający z podziału zadań zespołu. Oświadczenia współautorów jak i przytoczone tu pochlebne opinie pozwalają mi stwierdzić, że:

(i) prace wspólne wchodzące w skład rozprawy powstały przy istotnym wkładzie twórczym ze strony dra Rybickiego, oraz

(ii) udział dra Rybickiego w pomiarach, które doprowadziły do powstania wszystkich tych prac był bardzo istotny lub dominujący.

Ponadto, jest on ceniony za swój wkład do wspólnych prac badawczych.

W tej sytuacji stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna p. dra inż. Damiana Rybickiego została opublikowana, a wszystkie osiem prac wchodzących w skład rozprawy stanowią samodzielny dorobek naukowy Habilitanta, w związku z tym przedstawiona rozprawa habilitacyjna może być rozpatrywana jako podstawa do uzyskania przez Niego stopnia doktora habilitowanego.

Przejdę teraz do szczegółowej analizy wyników zawartych w pracach opublikowanych wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej, wymieniając najważniejsze wyniki i osiągnięcia Autora (cytowane numery [O1]-[O8] odnoszą się do prac objętych rozprawą wg kolejności przyjętej w omówieniu rozprawy, dołączonym przez Autora):

- (1) Głównym wynikiem pracy [O2] jest wykazanie korelacji pomiędzy wartością temperatury krytycznej T_c a rozkładem ładunku pomiędzy jonami miedzi i tlenu w płaszczyznach CuO_2 nadprzewodników wysokotemperaturowych. Wykazano, że pomiary rozkładu ładunku wykonane metodą NMR nadają nową interpretację relacji Uemury [PRL, **62**, 2317 (1989)], odkrytej w pierwszym okresie badań nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. Ten ważny wynik może mieć istotne znaczenia dla odkrycia nowych klas nadprzewodników wysokotemperaturowych.

- (2) W pracy [O2] prezentowany jest diagram fazowy (Fig. 1), oraz bardzo interesujący diagram fazowy otrzymany z pomiarów NMR (Fig. 2). W dyskusji tych diagramów zabrakło mi odniesienia do aktualnego artykułu przeglądowego na ten temat oraz diagramu fazowego nadprzewodników w pracy B. Keimer *et al.*, Nature **518**, 179 (2015).
- (3) Istotne znaczenia dla odkrycia wymienionej wyżej korelacji ma metoda wyznaczania lokalnych rozkładów elektronów i dziur w płaszczyznach CuO_2 nadprzewodników wysokotemperaturowych z pomiarów NMR podana w pracy [O1]. Wykazano, że materiały o wysokiej wartości T_c charakteryzują się wysokimi wartościami gęstości dziur w orbitalach tlenowych co powinno mieć znaczenie przy poszukiwaniu optymalnych nadprzewodników. Podana teza o istotności delokalizacji dziur na orbitale tlenowe jest dobrze zilustrowana przez zebrane wyniki (Fig. 5).
- (4) Interesujące są prace [O3]–[O5], w których dyskutowana jest rola niejednorodności na przykładzie nadprzewodników $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$. W pracy [O3] przeprowadzono analizę wskazującą na istnienie dwóch składowych podatności spinowej w nadprzewodniku $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$.
- (5) Badania te doprowadziły do ustalenia bardziej złożonej struktury podatności spinowej, omówionej w pracy [O4], uzupełniającej obraz dyskutowany w [O3]. Zidentyfikowano tutaj trzecią składową podatności spinowej, która jest trudna do odseparowania od składowej pochodzącej od cieczy Fermiego i była nieznana wcześniej [O3]. Przeprowadzona dyskusja sugeruje, że wyniki wskazują na typowe zachowanie i podatność spinowa ma równie złożony charakter w innych nadprzewodnikach na bazie Cu. Również dlatego badania własności magnetycznych nadprzewodników wysokotemperaturowych są trudne.
- (6) Dużym osiągnięciem Autora jest wykonanie szczegółowych badań NMR dla nadprzewodnika wysokotemperaturowego $\text{CeFeAsO}_{0.8}\text{F}_{0.2}$, zaprezentowanych w obszernej pracy [O6]. Dyskutowana jest tutaj możliwość separacji faz oraz współistnienia faz antyferromagnetycznej i nadprzewodzącej. Wyniki wskazują na segregację faz o dwóch różnych poziomach domieszkowania atomami F. Warto zauważyć, że praca ta powstała równoległe z dwoma pracami grupy japońskiej wykonanymi również techniką NMR: N. Fujiwara *et al.*, J. Supercond. Nov. Magn. **26**, 2689 (2013); J. Korean Phys. Soc. **62**, 2004 (2013). Świadczy to o aktualności tego problemu 5 lat temu. Zdziwiło mnie jednak, że w pracy habilitacyjnej brak porównania wyników Habilitanta z tymi pracami i prace te nie zostały nawet wspomniane.
- (7) Pracę habilitacyjną uzupełniają badania manganitów przeprowadzone metodami NMR oraz promieniowania synchrotronowego, omówione w pracach [O7] i [O8]. Wykazano w nich, że istnieje związek pomiędzy długością wiązania $d_{\text{Mn-O}}$ a zlokalizowanym ładunkiem na Mn. Badania pozwoliły m.in. wyjaśnić dlaczego manganity dwupłaszczyznowe $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ istnieją tylko w pewnym zakresie składu.

Na zakończenie tej części jeszcze kilka uwag na temat komentarza do rozprawy habilitacyjnej dra D. Rybickiego, który stanowi krótkie omówienie najważniejszych wyników otrzymanych przez Habilitanta i zawartych w pracach opublikowanych. Jest to materiał o objętości 18 stron maszynopisu i jako taki nie jest artykułem przeglądowym, oraz nie stanowi niezależnego opracowania syntetycznego przedstawionej w habilitacji tematyki. Z uwagi na to, że przedstawiony autoreferat jest materiałem nieopublikowanym, nie może on stanowić części rozprawy habilitacyjnej i nie będzie brany pod uwagę w końcowej ocenie, niemniej jednak chciałbym poczynić następujące uwagi. Sam tekst jest napisany miejscami zbyt zwięźle, bez potrzebnych objaśnień lub przede wszystkim bez szerszego kontekstu literaturowego. Najistotniejszą wadą autoreferatu jest jednak brak myśli przewodniej. Brak syntetycznego podejścia do omawianych zagadnień sprawia, że nie wyeksponowano faktycznych osiągnięć Habilitanta, których moim zdaniem nie brakuje. Nie podjęto też próby powiązania ze sobą przedstawionych wyników szczegółowych oraz umiejscowienia ich w szerszym kontekście. Lista literatury wniosku jest zdecydowanie zbyt uboga. Nie rozumiem również dlaczego bardzo wartościowa moim zdaniem praca [O6] jest w tym materiale tylko dość marginalnie przedyskutowana. W podsumowaniu Autor nie podaje najistotniejszych w tej części

informacji, czyli, co zostało zrobione, na czym polegają istotne osiągnięcia rozprawy, oraz jakie problemy zidentyfikowano, ale pozostały jeszcze nierozwiązane. Ponadto, brak jest logicznego powiązania badań dotyczących nadprzewodników [O1]–[O6] z pracami o manganitach [O7]–[O8], wychodzącego poza tę samą metodę badawczą.

Dla porządku wymienię też kilka uwag technicznych, które nasunęły mi się przy czytaniu rozprawy:

- (1) Błędy gramatyczne są wprawdzie nieliczne ale chciałbym tu wymienić najistotniejsze: *"a more general relations"* na stronie 4 oraz *"who is studies"* na stronie 16.
- (2) Praca [29] została już dość dawno opublikowana i powinna być cytowana jako Phys. Rev. B **89**, 220511 (2014) zamiast numeru z *arXiv*. Podobnie, opublikowana już została praca [45], ale być może nie była ona jeszcze opublikowana w momencie składania wniosku.
- (3) Prace [38] i [42] powinny być cytowane przez podanie tylko pierwszej strony a nie zakresu stron, skoro przyjęta przez Autora metoda cytowania uwzględnia tylko pierwszą stronę w pozostałych przypadkach.
- (4) Sposób cytowania z poprzedzającym *"In:"* przed każdą z cytowanych prac jest niestandardowy — moim zdaniem nie ułatwia on czytania i nie powinien być stosowany.
- (5) Lista 45 prac na końcu wniosku habilitacyjnego jest zdecydowanie zbyt uboga; ponadto prace [4], [5], [14], [15] i [20] powinny być cytowane jako [O1]–[O5]; *de facto* lista literatury zawiera zatem tylko 40 pozycji.

Oczywiście te niedociągnięcia nie są bardzo istotne i nie zmieniają mojej ogólnie pozytywnej opinii na temat rozprawy.

Podsumowując, w pracy habilitacyjnej otrzymano szereg nowych informacji na temat rozkładu ładunku w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych i manganitach. Nie wszystkie osiągnięcia Autora byłem w stanie w pełni docenić, ponieważ sam nie prowadzę badań eksperymentalnych metodą NMR. Niemniej jednak jestem przekonany, że prace wykonane przez Habilitanta istotnie wzbogaciły wiedzę o badanych związkach z silnie skorelowanymi elektronami. Szkoda jednak, że ten postęp nie został dokładniej omówiony. Okazją do bogatszego podsumowania wykonanych badań są plany naukowe podane na zakończenie omówienia wyników rozprawy i wynikające z niego problemy badawcze, które powinny być przedmiotem dalszych badań.

Dorobek naukowy dra D. Rybickiego to również szereg innych prac nie objętych rozprawą habilitacyjną. Nie sposób omówić tutaj wszystkich wyników szczegółowych zawartych w tych pracach, które obejmują kilka zagadnień dotyczących układów o kilku oddziałujących zwykle splątanych stopniach swobody. W dokumentacji brak niestety wspomnienia kilku prac, które Autor uważa za najważniejsze; również autoreferat takich prac wyraźnie nie wskazuje. Chciałbym jednak podkreślić, że problemy podejmowane w pracach dra D. Rybickiego są ważne, o czym świadczy również szeroka współpraca międzynarodowa w jakiej one powstają. Jako przykład chciałbym tutaj wymienić pracę N. M. Georgieva *et al.*, Phys. Rev. B **93**, 195120 (2016), która powstała w Lipsku we współpracy z fizykami z Japonii, Nowej Zelandii i Kanady. Dotyczy ona bardzo istotnego problemu własności elektronowych izolatora topologicznego Bi_2Se_3 . Omówione w tej pracy wyniki badań metodą NMR są istotne w dalszych badaniach możliwego przejścia topologicznego w tym związku. Wymieniona praca była już cytowana 6 razy przez innych autorów.

Dostarczona mi do recenzji lista publikacji dra inż. D. Rybickiego obejmuje 16 pozycji oprócz prac [O1]–[O8] składających się na rozprawę habilitacyjną), czyli łącznie:

- 24 publikacje, czyli prace oryginalne opublikowane w czasopismach recenzowanych o zasięgu międzynarodowym, w tym zdecydowana większość po uzyskaniu stopnia doktora, oraz
- 4 komunikaty opublikowane w materiałach konferencyjnych.

Spośród tych prac 26 pozycji znajduje się w bazie danych *Web of Science*. Dorobek publikacyjny jest zatem wystarczający i spełnia zwyczajowe wymagania dla kandydatów do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie fizyki. Warto podkreślić, że prace te są jakościowo dobre i częściowo opublikowane w najlepszych czasopismach:

- 7 prac opublikowanych w *Physical Review B*,
- 1 praca w *Nature Communications* (wymieniona wyżej), oraz
- 3 prace w *Journal of Physics: Condensed Matter*.

Dorobek ten, wraz z pracami opublikowanymi w innych czasopismach, jest łącznie jak na habilitację ponad dobry, mógłby jednak być bogatszy w 11 lat po uzyskaniu stopnia doktora oraz biorąc pod uwagę fakt, że Habilitant przebywał przez 7 lat na stażu podoktorskim na Uniwersytecie w Lipsku.

Prace dra D. Rybickiego były cytowane wg *Web of Science* w okresie do 15.12.2018 łącznie 231 razy (209 bez autocytowań). Podobną liczbę cytowań 215 (193) podaje Autor we wniosku habilitacyjnym; rozbieżność wynika zapewne z okresu trwania procedury habilitacyjnej. Oznacza to średnio około 10 cytowań na pracę dla 22 prac opublikowanych do końca 2016 roku. Wskaźnik ten jest zatem wyższy od średniej światowej około 7 liczonej na jedną publikację z fizyki wg tej samej bazy danych. Niektóre z prac były dość licznie cytowane. Najliczniej cytowana praca, M. Sikora *et al.*, *Phys. Rev. B* **73**, 094426 (2006), ma 52 cytowania i pochodzi z okresu przed doktoratem. Najliczniej cytowana praca objęta rozprawą [O5] doczekała się 20 cytowań, prace [O1], [O2], [O3], [O4] i [O6] były cytowane odpowiednio 12, 16, 15, 5 i 2 razy. Biorąc pod uwagę fakt, że kilka prac powstało po roku 2014 i ich obecne liczby cytowań są zapewne jeszcze dość odległe od wartości asymptotycznych, proponuję uznać wyniki dotyczące cytowalności prac za dobre. Indeks Hirscha wynosi $h = 9$ i jest zadowalający. Mógłby on być jednak nieco wyższy dla naukowca, który uzyskał stopień doktora w roku 2007.

Dr inż. D. Rybicki ma dobry jak na habilitanta dorobek konferencyjny. Wygłaszał referaty zaproszone na 2 konferencjach w kraju, w tym jednej międzynarodowej, oraz prezentował wyniki swoich badań na 18 konferencjach, przeważnie międzynarodowych, w formie ustnej i jako plakaty. Był też wykonawcą w kilku grantach finansowanych przez KBN, NCN, EU Framework Programme i innych. Dwukrotnie uzyskał Nagrodę Rektora AGH za osiągnięcia naukowe. Jest recenzentem w czasopismach *Scientific Reports*, *Journal of Physics: Condensed Matter* oraz *Physica Status Solidi (b)*. Wszystkie te fakty świadczą o znacznym już uznaniu międzynarodowym dla prac prowadzonych przez dra Rybickiego w dziedzinie eksperymentalnych badań materiałów z silnie skorelowanymi elektronami.

Wszystkie podane powyżej okoliczności pozwalają mi stwierdzić, że Pan dr inż. Damian Rybicki uzyskał wartościowe wyniki w swojej pracy habilitacyjnej oraz posiada dobre przygotowanie do samodzielnej pracy naukowej. Jest On specjalistą w skali światowej w zakresie badań eksperymentalnych metodą NMR i posiada dość bogate kontakty z liczącymi się ośrodkami na świecie. Dorobek naukowy dra D. Rybickiego jest wystarczający i spełnia przyjęte zwyczajowo standardowe wymagania dla kandydatów do stopnia doktora habilitowanego z fizyki, zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym.

Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana dra inż. Damiana Rybickiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Andrzej Michał Oles

Stuttgart, 15 grudnia 2018 roku.