



Wrocław, 28.06.2022

Prof. dr hab. Maciej Maśka  
Katedra Fizyki Teoretycznej  
Wydział Podstawowych Problemów Fizyki  
Politechnika Wroclawska

## Ocena osiągnięć Pana dr. Konrada Kapci w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego

Dotychczasowa kariera naukowa Pana dr. Konrada Kapci najsilniej związana jest z Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, gdzie na Wydziale Fizyki w 2009 roku uzyskał tytuł magistra, a w 2014 roku doktorat. Tam też zatrudniony jest od 2020 roku na stanowisku adiunkta. Wcześniej na tym samym stanowisku zatrudniony był w latach 2015-2017 w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie oraz w latach 2017-2020 w Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego w Krakowie. Od końca 2021 roku habilitant przebywa na stażu podoktorskim w Centrum Fizyki Laserów na Swobodnych Elektronach w Hamburgu. Wcześniej odbył tam półroczny staż naukowy oraz kilka staży w Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) w Trieście, z których najdłuższy trwał pół roku.

Zarówno jego praca magisterska, jak i rozprawa doktorska dotyczą faz rozszerzonego modelu Hubbarda. Habilitant jest autorem 52 publikacji, które ukazały się w recenzowanych czasopismach o międzynarodowym zasięgu. 10 z nich, opublikowane w latach 2016-2022, stanowi *osiągnięcie naukowe*, będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Są to następujące publikacje:

- [H.1] K. J. Kapcia, S. Robaszkiewicz, *On the phase diagram of the extended Hubbard model with intersite density-density interactions in the atomic limit*, *Physica A* **461**, 487-497 (2016)
- [H.2] K. J. Kapcia, S. Robaszkiewicz, M. Capone, A. Amaricci, *Doping-driven metal-insulator transitions and charge orderings in the extended Hubbard model*, *Physical Review B* **95**, 125112 (2017)
- [H.3] K. J. Kapcia, J. Barański, A. Ptok, *Diversity of charge orderings in correlated systems*, *Physical Review E* **96**, 042104 (2017)
- [H.4] R. Lemański, K. J. Kapcia, S. Robaszkiewicz, *Extended Falicov-Kimball model:*



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

budynek A-1, pok. 234  
Tel: +48 71 320 25 79,  
+48 71 320-23-95

dziekan.wppt@pwr.edu.pl  
http://wppt.pwr.edu.pl

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Nr konta:  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



*exact solution for the ground state*, Physical Review B **96**, 205102 (2017)

- [H.5] K. J. Kapcia, R. Lemański, S. Robaszkiewicz, *Extended Falicov-Kimball model: exact solution for finite temperatures*, Physical Review B **99**, 245143 (2019)
- [H.6] K. J. Kapcia, K. Majewska-Albrzykowska, *Order-disorder transition in the half-filled two-component lattice fermion model with nearest-neighbor repulsion*, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism **33**, 2435 (2020)
- [H.7] K. J. Kapcia, J. Krawczyk, R. Lemański, *Extended Falicov-Kimball model at weak onsite and intersite Coulomb interactions*, Condensed Matter Physics **23**, 43706 (2020)
- [H.8] K. J. Kapcia, R. Lemański, M. J. Zygmunt, *Extended Falicov-Kimball model: Hartree-Fock vs DMFT approach*, Journal of Physics: Condensed Matter **33**, 065602 (2021)
- [H.9] K. J. Kapcia, *Charge-order on the triangular lattice: a mean-field study for the lattice fermionic gas*, Nanomaterials **11**, 1181 (2021)
- [H.10] K. J. Kapcia, *Charge-order on the triangular lattice: Effects of next-nearest-neighbor attraction in finite temperatures*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **541**, 168441 (2022)

Prace składające się na osiągnięcie naukowe w większości opublikowane zostały w dobrych czasopismach, jak np. *Physical Review B*. Dwie publikacje są monoautorskie, w czterech współautorem był promotor pracy doktorskiej i opiekun pracy magisterskiej, Stanisław Robaszkiewicz. Według stanu na dzień 15.12.2021 baza WoS wskazuje, że prace te były cytowane 67 razy, przy czym po odliczeniu autocytowań pozostaje jedynie 33, co nie jest imponującym wynikiem. Również stosunek liczby autocytowań do liczby cytowań przez innych autorów jest nieco wyższy niż przeciętny. W przypadku większości z tych prac habilitant deklaruje, że jego udział w ich powstaniu jest nie mniejszy niż 70%. Jedynie w przypadku pracy [H.4] jest to 40%. Zawarte w dokumentacji oświadczenia współautorów wydają się być spójne z tymi szacunkami, co wskazuje na znaczącą rolę habilitanta w tworzeniu tych prac.

Większość prac stanowiących osiągnięcie naukowe można podzielić na dwie grupy ze względu na granicę, której dotyczą. Pierwsza to granica zerowej energii kinetycznej elektronów (prace [H.1], [H.3], [H.9] oraz [H.10]), druga to granica nieskończonej liczby sąsiadów (prace [H.2], [H.4], [H.5], [H.7] oraz [H.8]). Chciałbym rozpocząć od bardzo ogólnej uwagi dotyczącej pierwszej z tych granic. Prace z tej grupy dotyczą faz rozszerzonego modelu Hubbarda w granicy atomowej, czyli przy pominięciu energii kinetycznej elektronów. O ile z formalnego punktu widzenia taka granica jest dobrze zdefiniowana, jak również jest osiągalna



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Evaluated by  
**IEP** INSTITUTIONAL  
EVALUATION  
PROGRAMME  
www.iep-qaa.org

Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

budynek A-1, pok. 234

Tel: +48 71 320 25 79,  
+48 71 320-23-95

dziekan.wppt@pwr.edu.pl  
http://wppt.pwr.edu.pl

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Nr konta:  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



eksperymentalnie, to nie jestem przekonany, czy termin „*model Hubbarda*” powinien być w tej granicy używany. Wysoce nietrywialna fizyka modelu Hubbarda opiera się na konkurencji energii kinetycznej oraz energii oddziaływania i to właśnie ta konkurencja z jednej strony czyni ten model trudnym do rozwiązania, a z drugiej prowadzi do szeregu różnych stanów, które ten model opisuje. Przyjęcie założenia, że całka przeskoku jest równa zero pozostawia hamiltonian który ciągle może prowadzić, zwłaszcza w obecności dodatkowych wyrazów opisujących oddziaływanie, do nietrywialnych faz. Niemniej jednak, jest to już zagadnienie, któremu bliżej raczej do klasycznych modeli typu Isinga. Zilustrować to można także poprzez wzięcie przeciwnego limitu: czy jest sens nazywać model swobodnych elektronów na sieci modelem Hubbarda w granicy oddziaływania kulombowskiego dążącego do zera? Jest to oczywiście uwaga natury bardziej językowej niż merytorycznej, dotycząca jedynie kilku prac habilitanta.

Omówienie prac z tej grupy rozpocznę od pracy [H.1]. Praca dotyczy analizy uporządkowań ładunkowych w modelu, w którym występuje typowe oddziaływanie kulombowskie, tj. oddziaływanie elektronu ze spinem do góry i elektronu z spinem w dół na tym samym węźle sieci oraz oddziaływanie typu gęstość-gęstość pomiędzy najbliższymi i kolejnymi sąsiadami. Układ badany jest w wielkim zespole kanonicznym. Oddziaływanie na węźle traktowane jest wariacyjnie, natomiast do oddziaływań pomiędzy sąsiadami zastosowane zostało przybliżenie średniego pola. Podstawowe wyniki pokazują zależność różnych faz od parametrów oddziaływania (wartości oraz znaków) oraz od temperatury. Badany jest także charakter przejść fazowych pomiędzy różnymi fazami. Co ciekawe, w modelu znaleziono wiele przejść nieciągłych. Ten sam hamiltonian badany jest w pracy [H.3], gdzie znaleziona została większa liczba faz z porządkiem ładunkowym. Zbadano także wpływ wymiarowości sieci krystalicznej. Prace [H.9] oraz [H.10] dotyczą podobnych zagadnień, ale na sieci trójkątnej. Używany jest tu dokładnie ten sam hamiltonian w przybliżeniu średniego pola, choć oczywiście geometria sieci dopuszcza inne porządki magnetyczne. Pojawiają się tam także stany z separacją fazową.

Druga grupa prac, to prace w których układy badane są w granicy dużej liczby sąsiadów, czyli granicy, w której przybliżenie dynamicznego pola średniego (DMFT) staje się rozwiązaniem dokładnym. Są to prace znacznie ciekawsze, gdzie nie jest pomijana energia kinetyczna cząstek, czyli badane modele w pełni zachowują swój kwantowy charakter. Z wyjątkiem pracy [H.2], w której badany jest rozszerzony model Hubbarda, głównym obiektem badań jest model Falicova-Kimballa rozbudowany o oddziaływanie międzywęzłowe. Większość tych prac powstała we współpracy z Romualdem Lemańskim, który jest ekspertem w dziedzinie obliczeń DMFT dla modelu Falicova-Kimballa. Najciekawsza jednak wydaje się praca [H.2], będąca owocem pobytu habilitanta w SISSA, napisana



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

budynek A-1, pok. 234

Tel: +48 71 320 25 79,  
+48 71 320-23-95

dziekan.wppt@pwr.edu.pl  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Nr konta:  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



wspólnie m.in. z Massimo Capone oraz Adriano Amaricci. Jak już wyżej wspomniano, badany w niej jest model Hubbarda z dodatkowym oddziaływaniem typu gęstość-gęstość pomiędzy sąsiednimi węzłami sieci. W przeciwieństwie do prac [H.1], [H.3], [H.9], [H.10], jest tu uwzględniona także energia kinetyczna elektronów. Model badany jest w granicy nieskończonej liczby sąsiadów metodą DMFT, przy czym do oddziaływania międzywęzłowego zastosowane zostało przybliżenie Hartee. Podział sieci na dwie podsieci umożliwia zbadanie dalekozasięgowego porządku ładunkowego. Podstawowe badania dotyczą rozwiązań modelu w zerowej temperaturze w zależności od wartości oddziaływania na węzle oraz międzywęzłowego dla różnych poziomów zapętnienia. Szczegółowo badany jest także charakter przejść fazowych.

Kolejne prace, w których obliczenia prowadzone są metodą DMFT, dotyczą modelu Falicova-Kimballa rozszerzonego o oddziaływanie międzywęzłowe. I tak w pracy [H.4] badany był stan podstawowy tego modelu. Prócz DMFT wykorzystano tam także przybliżenie Hartree-Focka. Wyznaczone zostały wzory m.in. na gęstość stanów czy energię w funkcji parametrów modelu. Wyznaczono diagram fazowy i scharakteryzowano poszczególne fazy oraz przejścia pomiędzy nimi. Znalaziono także ciekawe relacje pomiędzy wynikami otrzymanymi przy pomocy DMFT oraz w ramach przybliżenia Hartree-Focka. Ten sam model był badany także w pracy [H.5] dla skończonych temperatur. Wyliczono tu gęstość stanów czy wielkość szczeliny energetycznej oraz wyznaczono diagram fazowy, w tym wypadku uwzględniający skończone temperatury. Następną pracą w tym cyklu, [H.7], choć poświęcona jest temu samemu modelowi, koncentruje się na nietypowym zachowaniu układu w reżimie słabego oddziaływania na węzle. Motywacją było znane nietypowe zachowanie standardowego modelu FK w tej granicy, polegające na zależności parametru porządku (zdefiniowanego jako różnica obsadzeń dwóch podsieci) od temperatury, która mocno odbiega od rozwiązań znanych z przybliżenia średniego pola np. dla modelu Isinga albo teorii BCS. W pracy [H.7] pokazano, że ta nietypowa temperaturowa zależność parametru porządku występuje także w obecności oddziaływania międzywęzłowego, pod warunkiem, że jego wartość nie przekracza pewnej wartości krytycznej. Pokazano tam także, że w tym reżimie również temperaturowa zależność ciepła właściwego odbiega od typowej postaci. Celem kolejnej pracy dotyczącej rozszerzonego modelu FK ([H.8]) jest porównanie wyników otrzymanych metodą DMFT oraz otrzymanych z wykorzystaniem przybliżenia Hartree-Focka. Pokazano tam, że rozbieżność wyników otrzymanych tymi dwoma metodami jest szczególnie istotna w skończonych temperaturach.

Prace składające się na oceniane *osiągnięcie naukowe*, pomimo iż można je podzielić na wcześniej wspomniane dwa główne nurty, dotyczą bardzo zbliżonych zagadnień, a ich wspólną cechą jest uwzględnienie oddziaływań pomiędzy różnymi



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Evaluated by  
**IEP** INSTITUTIONAL  
EVALUATION  
PROGRAMME  
[www.iep-qaa.org](http://www.iep-qaa.org)

Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

budynek A-1, pok. 234

Tel: +48 71 320 25 79,  
+48 71 320-23-95

[dziekan.wppt@pwr.edu.pl](mailto:dziekan.wppt@pwr.edu.pl)  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Nr konta:  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



węzłami sieci krystalicznej. Można więc stwierdzić, że publikacje te tworzą wymagany przez ustawę cykl powiązanych tematycznie artykułów.

Na dorobek habilitanta niewchodzący w skład *osiągnięcia* składają się 42 publikacje. Przed doktoratem opublikował 15 prac (w tym jedna errata), w większości w *Acta Physica Polonia A* (8 prac), po dwie w *Journal of Physics: Condensed Matter* oraz w *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism* oraz po jednej w *Physica C* i *Journal of Applied Physics*. Dorobek po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje 27 prac. Dominuje tu *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism* oraz *Acta Physica Polonica A* (po 5 prac), ale są też np. 3 prace opublikowane w *Physical Review B*. Prace te obejmują dość różnorodną tematykę, niektóre z nich powstały we współpracy z eksperymentatorami. Warto tu podkreślić, że o ile w pracach składających się na oceniane *osiągnięcie naukowe* grono współautorów było stosunkowo wąskie, to prace spoza tego *osiągnięcia* powstały we współpracy z bardzo licznymi fizykami z różnych ośrodków, co wskazuje na dużą zdolność habilitanta do prowadzenia efektywnej współpracy. W jego dorobku można także znaleźć prace popularyzatorskie (które nie były wliczone do wspomnianej wyżej listy 42 publikacji), np. w *Postęпах Fizyki* czy w *Fizyce w Szkole*.

Habilitant ma w swoim dorobku imponującą liczbę 36 wystąpień ustnych, z czego 8 to wykłady na zaproszenie. Lista ta obejmuje jednak nie tylko „regularne” konferencje, ale także np. sesje studenckie. Był kierownikiem projektów finansowanych w drodze konkursu, m.in., NAWA, NCN: SONATINA, ETUIDA oraz PRELUDIUM. W kilku innych pełnił rolę wykonawczy. Wykazał się także aktywnością naukową realizowaną w zagranicznych ośrodkach, w tym w Centrum Fizyki Laserów na Swobodnych Elektronach w Hamburgu oraz w SISSA. W kwestii osiągnięć dydaktycznych habilitant sprawował opiekę naukową nad studentami w ramach warsztatów czy praktyk studenckich, natomiast w dokumentacji nie mogę znaleźć informacji o pełnieniu funkcji opiekuna prac licencjackich czy magisterskich.

Podsumowując, stwierdzam, że dorobek naukowy kandydata spełnia wymogi ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom habilitacyjnym. Tym samym rekomenduję komisji habilitacyjnej wydanie pozytywnej opinii w sprawie nadania dr. Konradowi Kapci stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

  
Maciej Maśka



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Evaluated by  
**IEP** INSTITUTIONAL  
EVALUATION  
PROGRAMME  
[www.iep-qaa.org](http://www.iep-qaa.org)

Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

budynek A-1, pok. 234

Tel: +48 71 320 25 79,  
+48 71 320-23-95

[dziekan.wppt@pwr.edu.pl](mailto:dziekan.wppt@pwr.edu.pl)  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Nr konta:  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434