



Kraków, 14 kwietnia 2014



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

im.

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Teorii Materii  
Skondensowanej i Nanofizyki

Kierownik Zakładu  
Prof. dr hab. Józef Spalek  
E-mail: [ufspalek@if.uj.edu.pl](mailto:ufspalek@if.uj.edu.pl)  
[th-www.if.uj.edu.pl/ztms/pl/jspalek.php](http://www.if.uj.edu.pl/ztms/pl/jspalek.php)

## Recenzja dorobku habilitacyjnego dr. Pawła Jakubczyka z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Pan dr Paweł Jakubczyk przedstawił rozprawę habilitacyjną w postaci 10. prac oryginalnych: 9. prac w Physical Review B w latach 2008-13 i jednej w Physical Review Letters w 2009 r. Jest to więc dorobek w ostatnich 6 latach, już po doktoracie. Doktorat otrzymał w 2005 r. pod kierunkiem Prof. Marka Napiórkowskiego z macierzystego Wydziału. Rozprawa habilitacyjna nosi tytuł: *Funkcjonalna grupa renormalizacji dla termicznych i kwantowych przemian fazowych* i dotyczy zwłaszcza wybranych zagadnień z kwantowych przejść fazowych w ramach nieperturbacyjnego podejścia do grupy renormalizacji. Prace te były cytowane około 100 razy, co jest dobrym wynikiem jak na dorobek naukowy ponad 10-letni.

Praktycznie wszystkie prace wchodzące w skład rozprawy oraz te stanowiące dorobek dodatkowy są opublikowane w renomowanych czasopismach światowych. W sumie jest to 20 prac w okresie pierwszych 12 lat kariery habilitanta po magisterium, a więc całkiem niezły wynik ilościowy. Nadmieniam także, iż oświadczenia habilitanta o jego wkładzie do prac kilku-autorskich stanowiących przedmiot rozprawy nie pozostawiają wątpliwości co do jego wiodącej roli w tych publikacjach. Co więcej, dotyczą w większości ciekawych zagadnień i wymagają dobrego opanowania zarówno podejścia analitycznego, jak i jego analizy numerycznej. Już na początku mogę stwierdzić, że przedstawiona rozprawa spełnia pod względem merytorycznym warunki określone w odpowiedniej ustawie o stopniach i tytułach naukowych. Przechodzę teraz do szczegółowszej analizy dorobku.

Uważam, że nie ma sensu rozważać krytycznie pracę po pracy, gdyż wszystkie zostały opublikowane w b. dobrych czasopismach naukowych. Ograniczę się do uwag ogólnych startując z pracy: PRL **103**, 220602 (2009). Tematyka dotyczy spontanicznej niestabilności np. sferycznej powierzchni Fermiego i jej zmiany w elipsoidę pod wpływem parametru zewnętrznego, takiego jak koncentracja fermionów, czy ciśnienie zewnętrzne. Autor rozważa model sieci kwadratowej z dwoma całkami hoppingu, jaki rozważa się

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-03

fax +48(12) 633-70-86

e-mail: [fizyka@uj.edu.pl](mailto:fizyka@uj.edu.pl)



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

im.

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Teorii Materii  
Skondensowanej i Nanofizyki

Kierownik Zakładu  
Prof. dr hab. Józef Spalek  
E-mail: [ufspalek@if.uj.edu.pl](mailto:ufspalek@if.uj.edu.pl)  
<http://www.if.uj.edu.pl/ztnms/pl/jspalek.php>

np. w kontekście stanów elektronowych i przemian fazowych w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych. Są to układy silnie skorelowane i oczywiście zgadzam się z autorem, że tutaj nawet jeśli zastosuje się transformację Hubbarda–Stratonowicza i wyciąkuje po polach fermionowych, to otrzymane w tym przypadku rozwinięcie typu Ginzburga-Landaua z dokładnością do wyrazów  $\phi^4$  w parametrze uporządkowania, może być niewystarczające. Jednakże, w efekcie autor i tak w końcu wybiera pewien prosty model fenomenologiczny (por. równ. (10)) ze stałym oddziaływaniem przyciągającym w kanale  $d$ . Zastanawiam się, jaka jest stosowność takich modeli do konkretnych układów. Jest tak dlatego, iż zajmowaliśmy się w moim zespole policzeniem explicite wielkości dystorsji Pomeranczuka dla tego typu powierzchni Fermiego dla modelu t-J (por. PRB **81**, 073108 (2010), New J. Phys. (2014) in press) oraz dla modelu Hubbarda (PRB **88**, 115127 (2013)). W pierwszym przypadku używa się zaawansowanego podejścia średniego pola (tzw. *statistically-consistent Gutzwiller approximation, SGA*), w drugim jest to systematyczne podejście poza przybliżeniem średniego pola (rozwinięcia diagramatyczne pełnej funkcji Gutzwillera), bez jakiegokolwiek rozwinięcia typu Ginzburga – Landaua. Problem jest o tyle ważny, że w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych obserwujemy spontaniczną dystorsję romboedryczną sieci kwadratowej, która może prowadzić do symetrii typu  $d_{x^2-y^2}$  powierzchni Fermiego (w najprostszym przypadku). Ale uważa się powszechnie, że ta dystorsja jest zaindukowana czynnikiem zewnętrznym – przejściem fazowym strukturalnym. Czy habilitant widzi tutaj możliwości zastosowania swojej metodyki do bardziej realistycznych modeli i odniesienia się do konkretnych układów? Nadmieniam, iż model Hubbarda czy t-J są modelami realistycznymi nadprzewodników wysokotemperaturowych, jakkolwiek są to modele przybliżone. Ale na tym polega piękno modelowania fizycznego.

Poza tym, założony praktycznie stały i przyciągający potencjał oddziaływania w przestrzeni pędów prowadzi do niestabilności Coopera dla dowolnie słabego potencjału przyciągającego, w gazie fermionowym, podczas gdy autorzy tej pracy studiują tylko niestabilność Pomeranczuka. Widzę tutaj pewien problem i z pewnością o to zapytam w czasie kolokwium (propozycja, patrz poniżej).

Jest zastanawiającym, że w pracach habilitanta brakuje zależności od ilości fermionów w układzie. Jest to zasadniczy czynnik, który determinuje zachowanie się układu fermionów czy bozonów z masą. W teorii BCS,

ul. Reymonta 4  
PL 30-059 Kraków  
tel. +48(12) 663-57-03  
fax +48(12) 633-70-86  
e-mail: [fizyka@uj.edu.pl](mailto:fizyka@uj.edu.pl)



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

im.

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Teorii Materii  
Skondensowanej i Nanofizyki

Kierownik Zakładu  
Prof. dr hab. Józef Spątek  
E-mail: ufspatek@if.uj.edu.pl  
th-www.if.uj.edu.pl/ztns/pl/jspatek.php

czy w dyskusji stanów kolektywnych plazmy kwarkowo-gluonowej wybiera się potencjał chemiczny jako parametr kontrolny (zmienną) zamiast koncentrację cząstek. W teorii zimnych atomów jest to realistyczne podejście. Normalnie jednak, dla fermionów nierelatywistycznych wybiera się liczbę (koncentrację) cząstek jako określoną. Jak habilitant radzi sobie z tym problemem? Muszę przyznać, iż zaglądnąłem jeszcze raz do oryginalnej pracy Johna Hertza i widzę, że całe podejście opiera się na rozwinięciu w pobliżu energii Fermiego i wzięciu potencjału chemicznego za wielkość stałą. Czy mam rację?

Druga praca, która mnie zainteresowała, to pierwsza praca z cyklu (PRB **77**, 195120 (2008)), poniekąd związana z poprzednią. Dotyczy rozszerzenia teorii Hertza-Millisa dla układu oddziałujących wędrownych (*itinerant*) fermionów dla przejść fazowych ze złamaną dyskretną symetrią (czyli np. przejście typu obserwowanego w modelu Isinga). Autorzy stosują swoją oryginalną metodę wyprowadzenia równań (*flow equations*) w ramach metody grupy renormalizacji. Autorzy porównują swoje wyniki z tymi otrzymanymi przez A. Millisa. Czy habilitant próbował przeanalizować jakiś konkretny układ fizyczny? Chciałbym bowiem zobaczyć, jak ich metoda pracuje w porównaniu z przewidywaniami Millisa dla konkretnych układów magnetycznych czy nadprzewodzących czy układów z niestabilnością typu fala gęstości ładunku.

Z tych powyższych pytań wynika jasno, iż uważam, że zaproszenie habilitanta na pierwszą część kolokwium jest nie tylko celowe, ale wręcz konieczne. Mogę bowiem rozumieć coś niedokładnie lub wręcz błędnie, a rozprawa jest na tyle wartościowa, żeby przy okazji recenzent może się też czegoś nowego nauczyć. Dlatego wnioskuję o zgodę na udział habilitanta w pierwszej części kolokwium. Gdyby to nie było możliwe, potrzebuję dodatkowych wyjaśnień przed kolokwium (zaproszę go na seminarium).

Następna praca, która mnie zainteresowała dotyczy trochę innego zagadnienia fizycznego, czyli tzw. oddziaływania Casimira (por. PRB **87**, 165439 (2013)) i to w bardzo specyficznej sytuacji. Autorzy porównują ich wyniki z grupy renormalizacji z tymi otrzymanymi przy pomocy Monte Carlo.

Mam jeszcze jedną uwagę ogólną co do całości rozprawy. A mianowicie, jak w kontekście metody autora można opisać układ silnie skorelowanych fermionów? Wiele zjawisk bowiem związanych z kwantową kry-

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-03

fax +48(12) 633-70-86

e-mail: fizyka@uj.edu.pl

tycznością jest obserwowanych właśnie dla tych układów (ciężkie fermiony, nadprzewodniki niekonwencjonalne -w tym wysokotemperaturowe, metale organiczne kwazi-dwuwymiarowe, itd.) Mam poważne wątpliwości czy wtedy można zapisać wyraz kinetyczny (gradientowy) w tak prostej postaci jak to zrobił autor. W tym wyrazie powinien także wystąpić explicite potencjał chemiczny. Czy habilitant ma pogląd na fizykę w tej granicy dla wędrownych fermionów?

Poza tym, nie mam uwag, zarówno do pozostałych prac wchodzących w skład rozprawy, jak i tych stanowiących dorobek dodatkowy. O pewne szczegóły techniczne dotyczące ich metody zapytam habilitanta osobiście.

Biorąc pod uwagę przedstawiony przez habilitanta bardzo solidny dorobek, w którego powstanie miał On zasadniczy wkład, stawiam wniosek o podjęcie dalszych kroków formalnych prowadzących do kolokwium habilitacyjnego dr. Pawła Jakubczyka i nadania Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych.



Józef Spątek  
profesor zwyczajny nauk fizycznych



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

im.

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Teorii Materii  
Skondensowanej i Nanofizyki

Kierownik Zakładu  
Prof. dr hab. Józef Spątek  
E-mail: [ufspatek@if.uj.edu.pl](mailto:ufspatek@if.uj.edu.pl)  
[th-www.if.uj.edu.pl/ztrms/pl/jspatek.php](http://www.if.uj.edu.pl/ztrms/pl/jspatek.php)

ul. Reymonta 4

PL 30-059 Kraków

tel. +48(12) 663-57-03

fax +48(12) 633-70-86

e-mail: [fizyka@uj.edu.pl](mailto:fizyka@uj.edu.pl)