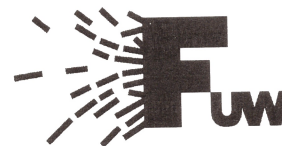




Uniwersytet Warszawski
Wydział Fizyki
Instytut Fizyki Teoretycznej



ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, tel.: 48-225532949, fax: 48-225532995, e-mail: iftuw@fuw.edu.pl

Warszawa, dn. 10 lutego 2020r.

prof. dr hab. Witold Bardyszewski
Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytetu Warszawskiego

Ocena działalności naukowo-badawczej, dydaktyczno-wychowawczej i organizacyjnej
dr. Grzegorza Michałka w postępowaniu habilitacyjnym

Dr Grzegorz Michałek po ukończeniu studiów magisterskich na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w roku 1997 związał swoją karierę naukową z Instytutem Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, gdzie odbył studia doktoranckie i uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki – teorii ciała stałego w roku 2001. Od roku 1995 jest on pracownikiem tego Instytutu, obecnie na stanowisku asystenta. Promotorem jego pracy doktorskiej poświęconej transportowi jednoelektronowemu w magnetycznych złączach tunelowych był prof. Bogdan Bułka. Teoria transportu ładunków i ciepła w nanostrukturach zajmuje centralne miejsce w polu zainteresowań naukowych dr. G. Michałka i stanowi temat jego habilitacji, której podstawę stanowi cykl dziewięciu opublikowanych artykułów naukowych objętych wspólnym tytułem „Efekty dynamiczne i nielokalne w transporcie przez układy kropek kwantowych”. Większość prac wchodzących w skład habilitacji ([H2]-[H9]) opublikowano między rokiem 2011 i 2018 natomiast praca [H1] ukazała się pięć lat wcześniej. Należy jednak stwierdzić, że wszystkie artykuły są ściśle ze sobą tematycznie powiązane i bez wątpienia mają charakter oryginalnego osiągnięcia naukowego. Pośrednią miarą rangi tego osiągnięcia jest fakt, że ukazały się one w renomowanych czasopismach takich jak *Journal of Physics: Condensed Matter* (dwa artykuły), *Physical Review B* (trzy artykuły) i po jednym artykule w *The European Physical Journal B*, *Scientific Reports*, *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism* i *Acta Physica Polonica A*. Są to czasopisma o wysokim wskaźniku IF stosujące wymagające procedury dopuszczania do publikacji na podstawie anonimowych recenzji wysokiej klasy naukowców z danej dziedziny. We wszystkich pracach dr G. Michałek jest pierwszy na liście autorów i był

autorem korespondencyjnym. Dołączone deklaracje współautorów oraz samego zainteresowanego nie pozostawiają wątpliwości, że dr G. Michałek odegrał rolę wiodącą przy ich powstaniu.

Omówienie osiągnięcia naukowego będącego podstawą habilitacji

Tematyka recenzowanej rozprawy habilitacyjnej jest związana z postępującym gwałtownie rozwojem nanotechnologii i obejmuje w najogólniejszym ujęciu kwantowo-mechaniczne aspekty transportu elektronowego przez układy zwane kropkami kwantowymi. W opisie tych procesów niezbędne jest uwzględnienie korelacji wynikających z fermionowego charakteru nośników oraz z dalekozasięgowego oddziaływania kulombowskiego, co stanowi ideę przewodnią rozprawy. Efekty związane ze spinem elektronów otwierają możliwości konstruowania przyrządów elektronicznych nowego typu dając początek erze tzw. spintroniki.

Przedłożony cykl artykułów stanowiący rozprawę habilitacyjną wyraźnie dzieli się na dwie części. Artykuły [H1]-[H4] napisane wspólnie z prof. B. Bułką odnoszą się do układu dwóch sprzężonych kropek kwantowych z uwzględnieniem sprzężenia kulombowskiego między kropkami. Pozostałe prace, które powstały we współpracy z prof. K.I. Wysokińskim i prof. T.Domańskim z Uniwersytetu im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie dotyczą fizyki układu hybrydowego kropki kwantowej sprzężonej z dwiema normalnymi elektrodami metalicznymi i elektrodą nadprzewodzącą. Prace [H5-H7] analizują procesy związane z odbiciem Andreeva w transporcie przez kropkę natomiast ostatnie dwie dotyczą efektów termoelektrycznych oraz krótkoczasowej dynamiki i efektów przejściowych, również z udziałem par Coopera.

Rozprawa wnosi wiele oryginalnych wyników dotyczących fizyki tego typu układów.

W pracy [H1] analizowano przewodność przez dwie kropki połączone szeregowo z uwzględnieniem oddziaływania kulombowskiego oraz sprzężenia ferromagnetycznego. W tzw. granicy atomowej, tzn. dla słabego sprzężenia między kropkami stwierdzono pojawienie się podwójnego efektu Kondo. W przypadku przeciwnym, tzn. w granicy molekularnej przewodność zanika. Warto podkreślić, że aby uzyskać ten interesujący rezultat wprowadzono oryginalne rozszerzenie metody bozonów pomocniczych Kotliara-Rückensteina w przybliżeniu pola średniego na stany singletowe i trypletowe. Z kolei w pracy [H2] analizowano rolę pola magnetycznego w niekoherentnym transporcie sekwencyjnym z uwzględnieniem korelacji. W tym przypadku konfiguracje trypletowe i singletowa wprowadzają asymetrię różnych kanałów transportu w polu magnetycznym. Prowadzi to w szczególności do sytuacji, w której magnetoopor tunnelowy jest niemonotoniczną funkcją napięcia. Wykazano, że asymetryczne sprzężenie z elektrodami może prowadzić do ujemnego magnetooporu różniczkowego. Pozostałe dwie prace z serii poświęcone

podwójnym kropkom skupiają się na korelacjach ładunkowych i prądowych między kropkami. W pracy [H3] badano niemonotoniczne obsadzenie każdej z kropek prowadzące do zmiany znaku polaryzacji w zależności od napięcia. W ramach przybliżenia tunelowania sekwencyjnego wykazano, że zjawisko to może zachodzić w wyniku współzawodnictwa między kanałami transportu o różnych stanach ładunkowych. Kluczowym parametrem jest tutaj oddziaływanie kulombowskie między kropkami. Sprzężenie to, jak można się domyślać odgrywa kluczową rolę przy korelacji między prądami płynącymi przez dwie sprzężone kropki. Temu zagadnieniu poświęcona jest praca [H4], której wagę przynajmniej w tej części rozprawy należy wyróżnić. Jest ona zainspirowana wynikami eksperymentalnymi dotyczącymi korelacji szumów prądowych w układach dwóch kropek. Okazuje się, że diagram stabilności takiego układu opisujący stany z różną ilością elektronów na każdej kropce silnie zależy od sprzężenia między kropkami. W przypadku słabego sprzężenia prądy przez obie kropki są praktycznie niezależne, natomiast w granicy przeciwnej transport jednym kanałem wywołuje silne fluktuacje potencjału w drugim kanale co prowadzi do wzrostu czynnika Fano (dynamiczna blokada kulombowska). Silne sprzężenie może prowadzić do efektu „pompowania” - t.j. ładowania jednej kropki w wyniku przepływu ładunku przez drugą, co prowadzi do wzrostu szumu śrutowego. W pracy tej wykazano również, że silne oddziaływanie kulombowskie między kropkami może wywołać „rozgrupowanie” elektronów w obu kanałach (ujemna wartość prądowych korelacji krzyżowych). Co jest warte podkreślenia, byłby to efekt korelacyjny wywołany jedynie odpychaniem kulombowskim, a nie korelacjami fermionowymi.

Druga część rozprawy poświęcona przepływowi elektronów w układach hybrydowych wprowadza nas w procesy fizyczne uwzględniające rolę par Coopera w transporcie. Praca [H5] poświęcona lokalnym i Nielokalnym odbiciom Andreeva w granicy szerokiej przerwy nadprzewodzącej wskazuje na anomalne tunelowanie w takim układzie. W analizie uwzględniono wpływ blokady kulombowskiej oraz korelacji typu Kondo w ramach metody równań ruchu na funkcje Greena i iteracyjnego rachunku zaburzeń. Okazuje się, że Nielocalne procesy Andreeva determinują transport ładunku, gdy sprzężenie z elektrodą nadprzewodzącą jest znacznie silniejsze niż z elektrodami normalnymi. Natomiast efekty korelacji w reżimie Kondo prowadzą do powstania wielociałowego stanu singletowego w układzie kropka – kontakty normalne. Pojawienie się rezonansu Abrikosova-Suhl'a na poziomie Fermiego prowadzi do jakościowo nowej sytuacji, w której Nielocalne procesy Andreeva odgrywają dominującą rolę. Okazuje się bowiem, że korelacja elektronów w ramach pary Coopera jest odporna na sprzężenie z wielociałowym singletem Kondo. Ta analiza została następnie pogłębiona w pracy [H6], gdzie wykazano, że w omawianym

układzie hybrydowym może pojawić się ujemny opór nielokalny. Zmiana znaku nielokalnej przewodności powiązana jest z pojawieniem się stanów Shiba w widmie kropki (jesteśmy cały czas w reżimie nieskończenie szerokiej przerwy nadprzewodzącej). Co jest ważne, prezentowana teoria bierze pod uwagę istotny problem ekranowania ładunków w procesie transportu nieliniowego.

Następne dwie prace cyklu niosą interesujące propozycje praktyczne. W pracy [H7] zwrócono uwagę na fakt, że urządzenie hybrydowe może służyć do wytwarzania par splątanych elektronów w wyniku rozszczepienia pary Coopera w procesie nielokalnego odbicia Andreeva. Jednakże, proces ten może być znacząco stłumiony w reżimie blokady kulombowskiej.

Z kolei praca [H8] poświęcona jest zjawiskom termoelektrycznym w układzie trójterminalowym. Ważnym wynikiem tej pracy jest wprowadzenie koncepcji nielokalnych współczynników Seebecka i opracowanie protokołu pomiaru wszystkich współczynników transportowych. Zbadano też wpływ nadprzewodzącej elektrody na efekty termoelektryczne w układzie hybrydowym. Ostatnia praca cyklu zawiera analizę krótkoczasowej dynamiki układu hybrydowego. Stwierdzono, że oscylacje w rozkładzie czasów oczekiwania mają związek z koherentnymi przejściami par Coopera między elektrodą nadprzewodzącą i kropką kwantową.

Osiągnięcia naukowe , dydaktyczne i w zakresie organizacji badań naukowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora habilitanta odbył piętnastomiesięczny staż naukowy w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie w Hamburgu w latach 2002-2003. Nie licząc krótkiej, miesięcznej wizyty w tym samym instytucie w roku 2002, jest to jedyny dłuższy pobyt kandydata w zagranicznej placówce naukowej. Po powrocie z Hamburga został zatrudniony w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN na stanowisku adiunkta.

Dorobek publikacyjny habilitanta obejmuje 24 artykuły w recenzowanych czasopismach międzynarodowych oraz 4 publikacje w materiałach konferencyjnych. Zgodnie z załączonymi danymi bibliometrycznymi prace te były cytowane 204 (bez autocytowań), a index Hirscha według Web of Science jest równy 7. Według mojego doświadczenia są to osiągnięcia na bardzo dobrym poziomie w porównaniu z innymi przewodami habilitacyjnymi w tej dziedzinie fizyki. Na podkreślenie zasługuje aktywność konferencyjna habilitanta. Wygłosił on w sumie 8 referatów na konferencjach międzynarodowych i dwa na konferencjach krajowych oraz zaprezentował 21 plakatów konferencyjnych. Brał udział w organizacji pięciu konferencji i warsztatów i był wykonawcą w siedmiu projektach krajowych oraz uczestniczył w trzech programach European Science Foundation. Pośród nagród i stypendiów uzyskanych przez habilitanta zwraca przede

wszystkim uwagę nagroda w konkursie im. Grzegorza Białkowskiego za najlepszą rozprawę doktorską oraz nagroda Dyrektora IFM PAN za publikację poświęconą odbiciom Andreeva w nanozłączu hybrydowym.

W ramach działalności dydaktycznej dr G. Michałek sprawował opiekę nad jednym doktorantem jednym magistrantem i dwoma studentami Politechniki Poznańskiej w ramach praktyk studenckich. Ponadto służył pomocą doktorantom zagranicznym w ramach projektów europejskich. Bez wątpienia nabył pewnego doświadczenia w przekazywaniu wiedzy młodym adeptom fizyki, mimo że jako pracownik instytutu badawczego nie miał okazji prowadzić regularnych zajęć wykładowych czy ćwiczeń.

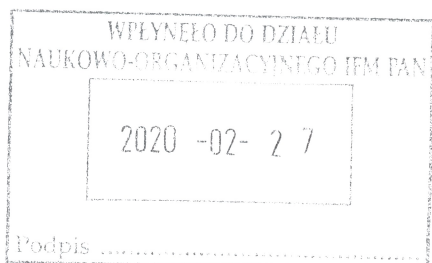
Od około pięciu lat habilitant jest mocno zaangażowany w prace reorganizacyjne w IFM PAN poprzez między innymi działania na rzecz uzyskiwania wsparcia finansowego badań.

Podsumowanie

W moim przekonaniu dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dr. Grzegorza Michałka z całą pewnością wypełnia warunki wystarczające do uzyskania stopnia doktora habilitowanego określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. Wyniki naukowe zawarte w jego rozprawie habilitacyjnej są imponujące i można stwierdzić, że stanowi ona znaczny wkład w rozwój wiedzy w zakresie fizyki nanostruktur, a w szczególności teorii transportu w kropkach kwantowych. Zwraca uwagę wysoka staranność charakteryzująca wszystkie publikacje, co zresztą znajduje swoje odbicie w bardzo precyzyjnie przygotowanym Autoreferacie. Przedłożone do oceny publikacje zawierają ogromny wkład pracy i pomysłowości.

Mimo, że kandydat z racji swojego miejsca zatrudnienia nie miał możliwości prowadzenia regularnych zajęć, to służąc pomocą studentom przy wykonywaniu prac dyplomowych i w trakcie praktyk studenckich z pewnością nabrał pewnego doświadczenia w pracy dydaktycznej. Warto też wymienić owocną działalność organizacyjną habilitanta na rzecz modernizacji badań w rodzimym Instytucie.

Biorąc pod uwagę omówione aspekty działalności kandydata, z całym przekonaniem popieram wniosek o nadanie dr. hab. Grzegorzowi Michałkowi stopnia doktora habilitowanego.



W. Bardyszewski
Witold Bardyszewski