

Prof. dr hab. inż. Vitalii Dugaev
Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej
Politechnika Rzeszowska
Al. Powstańców Warszawy 6
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 7 kwietnia 2024 r.

Recenzja rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. Piotra Trochy

Dr. Piotr Trocha ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w roku 2006 i otrzymał dyplom magisterski z wyróżnieniem. Pracę doktorską wykonał na tym samym wydziale UAM w roku 2011. Doktorat Pana Piotra Trochy został także wyróżniony i otrzymał Nagrodę Prezesa Rady Ministrów. Od 2011 r. Pan Trocha pracuje na Wydziale Fizyki UAM w Zakładzie Fizyki Mezoskopowej. Prace wykonane we współpracy z profesorem Józefem Barnasiem, a także samodzielne i z innymi pracownikami tego zakładu stanowią najważniejszą część dorobku Pana dr Piotra Trochy, przedstawionego jako podstawa postępowania habilitacyjnego (10 artykułów w wysoko punktowanych czasopismach z listy filadelfijskiej). Warto zaznaczyć, że jedna z tych prac, oznaczona jako [H2], była cytowana 94 razy.

Całkowity dorobek dr Piotra Trochy – to 35 publikacji, z których 20 po doktoracie, w tym z bazy Web of Science – 35, przy tym całkowita liczba cytowań jest 697 oraz indeks Hirscha stanowi 15 według bazy WoS.

Uważam, że wszystkie wyżej przedstawione dane charakteryzują dość imponujący dorobek, który na pewno pozwala dr. Piotrowi Trosze wystąpić o przyznanie habilitacji.

Rozprawa habilitacyjna

Dla postępowania habilitacyjnego zostało wybranych 10 prac na temat właściwości transportowych i termoelektrycznych układów nanoskopowych z kropkami kwantowymi w połączeniu z magnetycznymi i nadprzewodzącymi złączami. Uważam, że jest to bardzo dobry wybór tematyki ponieważ przedmiot badań w zakresie technologii kwantowej jest teraz nadzwyczaj aktualny. Świadczy o tym chociażby podpisana w marcu 2024 r. przez Ministra Nauki i Ministra Cyfryzacji Europejskiej Deklaracji dotyczącej rozwoju technologii kwantowych.

Po zapoznaniu z treścią przedstawionych do habilitacji prac, mogę stwierdzić, że w tych pracach Pan dr. Trocha rozwiązywał dość trudne zadania i wykonywał skomplikowane obliczenia z wykorzystaniem zaawansowanych metod fizyki teoretycznej oraz przeprowadził dużo obliczeń komputerowych korzystając z własnych kodów obliczeniowych.

[H1] Praca teoretyczna bez współautorów, w której zostało wyjaśniono jak w układzie dwóch kropek kwantowych pośrednie sprzężenie między kropkami z udziałem dodatkowych elektrod wpływa na rezonans Kondo w transporcie ładunku między kropkami. Okazało się, że sprzężenia kropki z elektrodami prowadzi do tego, że temperatura Kondo znacznie maleje. Mechanizm tego zjawiska został wyjaśniony.

[H2] Bardzo ciekawa i znacząca praca (94 cytowania), w której zostało zbadano jak oddziaływanie kulombowskie i interferencja kwantowa wpływają na właściwości termoelektryczne w układzie dwóch kropek kwantowych. Został obliczony prąd ładunkowy wywołany gradientem temperatury, transport ciepła przez układ elektronowy oraz wydajność termoelektryczna (figure of merit), która jest znacznie większa w wyniku łamania prawa Wiedemanna-Franza przy oddziaływaniu kulombowskim. Niestety, wyniki są ograniczone przybliżeniem liniowej odpowiedzi, kiedy gradient temperatury jest względnie mały. Myślę, że byłoby dobrze iść dalej w tym kierunku i rozwinąć teorię nieliniowej zależności termoelektrycznego prądu od gradientu temperatury.

[H3] Praca teoretyczna, w której przewiduje się, że tunelowanie Andreeva w układzie dwóch kropek kwantowych połączonych z elektrodami nadprzewodzącymi istotnie zależy od wpływu namagnesowania dodatkowych złącz ferromagnetycznych. Natomiast prąd w takim układzie jest spinowo spolaryzowanym. Bardzo ciekawym wynikiem tej pracy jest zależność szerokości i położenia pików odbicia Andreeva od symetrii sprzężenia kropek z elektrodami, co daje możliwość manipulowania prądem tunelowym.

[H4] Podobna do [H3] praca, w której zostały przeprowadzone obliczenia transportu Andreeva przez pojedynczą kropkę kwantową z magnetycznymi i nadprzewodzącymi elektrodami. Przedstawiono zależności tunelowego magnetooporu (TMR) od napięcia.

[H5] W tej pracy prąd Andreeva, zależna od spinu dyferencjalna konduktancja i tunelowy magnetoopór zostały obliczone w modelu dwóch kropek kwantowych z magnetycznymi i nadprzewodzącymi elektrodami. Przeanalizowano stan blokady kulombowskiej, związanej z akumulacją par kuperowskich na kropce kwantowej. Bardzo ciekawa praca, która mieści dużo teorii i symulacji komputerowych

[H6] Praca, w której przeprowadzono obliczenia spinowo spolaryzowanego prądu termoelektrycznego oraz wydajności termoelektrycznej układu hybrydowego z pojedynczą kropką kwantową połączoną z ferromagnetycznym i nadprzewodzącym elektrodami. Właściwości termoelektryczne w takim układzie wykazują bardzo ciekawe właściwości i dość duże wartości siły termoelektrycznej i siły spinowo-termoelektrycznej. Ciekawym jest wyjaśnienie wpływu tunelowania Andreeva na prąd termoelektryczny. Cała praca jest bardzo ważna z punktu widzenia zastosowania układów z kropkami kwantowymi w termoelektryce i termoelektryce spinowej.

[H7] W tej pracy Pan dr Trocha wraca do modelu kropki kwantowej połączonej z elektrodami magnetycznymi i nadprzewodzącymi. Przedstawiono wyniki obliczeń prądów Andreeva w rozdzielonych złączach. Wpływ pola magnetycznego, które w tym modelu powoduje rozszczepienie Zeemana poziomów energetycznych w kropce, może być obserwowany przez rozszczepienie rezonansów Andreeva w konduktancji układu.

[H8] W tej pracy dr Piotr Trocha jest jedynym autorem. W pracy został przedstawiony pewny przegląd wyników badań teoretycznych korelacji prądów w różnych złączach w zjawiskach transportowych. Praca była przedstawiona na Szkole z fizyki teoretycznej w Rzeszowie i uzyskała duże zainteresowanie.

[H9] Praca na temat spinowo spolaryzowanego transportu przez kropkę kwantową z elektrodami ferromagnetycznymi. Celem tej pracy było wyjaśnienie możliwości realizacji pewnego mechanizmu ferromagnetyzmu, który był sugerowany przez Nagaokę. Dlatego został rozpatrywany model czterech kropek kwantowych z elektrodami ferromagnetycznymi. Obliczono spinowo spolaryzowaną konduktancję i magnetoopór tunelowy. W oparciu na wyniki obliczeń zostało stwierdzone, że „ferromagnetyzm Nagaoki” może być zrealizowany w takim układzie. Moim zdaniem, to jest ważny wynik teorii układów kropek kwantowych, które zachowują pewną symetrię.

[H10] Praca opublikowana w czasopiśmie o wysokim impakt-faktorze z grupy Nature (Nature Portfolio). Tematem tej pracy jest spinowy efekt termoelektryczny w układzie hybrydowym z kropką kwantową sprzężoną z izolatorem ferromagnetycznym. W takim układzie ma miejsce konwertacja prądu magnonowego w prąd spinowy. Przeprowadzono obliczenia przewodnictwa spinowego, współczynników spinowego Seebecka i spinowego Peltiera oraz przewodnictwa ciepła.

Po zapoznaniu z dorobkiem naukowym Pana dr Trochy mogę stwierdzić, że **wszystkie przedstawione do habilitacji prace tworzą jeden cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych, 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.** Osiągnięcie naukowe dr. Piotra Trochy stanowi cykl powiązanych tematycznie publikacji pod tytułem „Efekty transportu ładunku, spinu i ciepła w układach kropek kwantowych”.

W tych pracach zostały opracowane teoretycznie spinowo zależne zjawiska transportowe pojedynczych, podwójnych kropek kwantowych oraz układów o symetrii kwadrupolowej z magnetycznymi i nadprzewodzącymi elektrodami. Przedstawione prace stanowią podstawę teoretyczną dla badań eksperymentalnych układów nanoskopowych z kropkami kwantowymi.

Pozostały dorobek naukowy

Dr Trocha posiada dość znaczący dorobek 25 prac, który nie zostały włączone do najważniejszych do oceny pracy habilitacyjnej. To także są prace na temat transportu w układach z kropkami kwantowymi. Faktycznie te prace także stanowią imponujący dorobek, który świadczy, że dr Piotr Trocha jest doświadczonym naukowcem.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

Dr Trocha od wielu lat prowadzi zajęcia (wykłady, ćwiczenia i zajęcia laboratoryjne) z fizyki, elektroniki spinowej, fizyki statystycznej i mechaniki kwantowej dla studentów UAM; wystąpił promotorem pomocniczym trzech prac doktorskich oraz promotorem jednej pracy magisterskiej na Wydziale Fizyki UAM, został wykonawcą i promotorem projektów badawczych. Prócz tego, dr. Trocha uczestniczył w organizacji międzynarodowych konferencji naukowych. Uważam, że dorobek dydaktyczny i organizacyjny Pana dr Trochy jest bardzo imponujący.

Podsumowanie

Uważam, że dr Piotr Trocha spełnia wszystkie niezbędne warunki postawione dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Jego dorobek jest wystarczający. Wyniki prac zostały opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach. Dla mnie jest oczywiste, że w większości prac wkład Pana Piotra Trochy był kluczowy. W dwóch z najważniejszych opublikowanych prac teoretycznych Pan dr Trocha jest jedynym autorem. Indeks Hirscha jest dość wysoki ($H = 15$). Pan Trocha prowadzi od lat zajęcia dydaktyczne. Wobec istotnych osiągnięć naukowych oraz prezentowanej dojrzałości z przekonaniem wnioskuję o nadanie doktorowi Piotrowi Trosze stopnia doktora habilitowanego.

Vitalii Dugaev

7.04.2024