

Prof. dr hab. E. Zipper
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski

Ocena osiągnięcia naukowego :” Efekty dynamiczne i nielocalne w transporcie przez układy kropek kwantowych” oraz aktywności naukowej dr Grzegorza Michałka w związku z postępowaniem o nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych.

Dr Grzegorz Michałek ukończył studia wyższe magisterskie w 1997 roku na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu jako magister fizyki teoretycznej. W 2001 roku ukończył studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN. Po studiach doktoranckich w 2001r. obronił pracę doktorską „Transport jednoelektronowy w magnetycznych złączach tunelowych”. Promotorem był doc. dr hab. Bogdan R. Bułka. Za pracę tą otrzymał wyróżnienie Fundacji Nauki Polskiej. Po doktoracie w latach 2002-2012 pracował jako adiunkt, a od 2012 pracuje jako asystent w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu.

Po doktoracie dr Grzegorz Michałek (zwany dalej Autorem) zajmował się bardzo istotnymi, zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i zastosowań, problemami transportu elektronowego przez różne nanoukłady. Jest to bardzo aktualne, szeroko analizowane obecnie, zarówno teoretycznie jak i doświadczalnie, zagadnienie fizyki ciała stałego. Badania te są bardzo istotne z powodu postępującej miniaturyzacji urządzeń elektronicznych i spintronicznych działających w oparciu o prawa mechaniki kwantowej, a do zasilania których potrzeba mało energii. Aby można było to zrealizować w praktyce potrzebne są wnikliwe analizy teoretyczne nanoukładów. Co ważne, rezultaty teoretyczne powinny odnosić się do badań eksperymentalnych. Oba te warunki spełnia osiągnięcie naukowe dr Michałka.

Głównym celem tych badań, było zbadanie wpływu oddziaływań kulombowskich blisko- i daleko zasięgowych, oddziaływań wymiany i wynikających z nich korelacji typu Kondo oraz tzw. efektu bliskości na transport w układach kropek kwantowych. Do analiz, w zależności od liczonej wielkości, wykorzystano metodę funkcji Greena, metodę pomocniczych

bozonów(SBMFA); dla obliczenia współczynników transportowych używano formalizmu Landauera-Buttikera, stosowano też uogólnione równania mistrza. W celu zobrazowania efektów korelacji w transporcie przez układ dwóch kropek kwantowych (QDs) rozszerzono SBMFA dla stanów singletowych i trypletowych. Metody te są poprawnie dobrane i stosowane, uzyskane wyniki są więc wiarygodne.

W skład osiągnięcia naukowego dr Grzegorza Michałka wchodzi autoreferat oraz cykl 9 publikacji dotyczących zagadnienia transportu elektronowego przez układ kropek kwantowych. Prace te oznaczone jako H1-H9 opublikowano w dobrych i bardzo dobrych czasopismach z bazy JCR (m.in. Scientific Reports, Phys. Rev.B, J.of Physics: Cond.Matter) . Impact factor wynosi 38,405, Index Hirscha wynosi 7. Swój udział w tych publikacjach Autor ocenia na 65%-85%. We wszystkich tych wieloautorskich pracach dr Michałek jest pierwszym autorem. Wszyscy współautorzy potwierdzili największy wkład Autora we wszystkich pracach wchodzących w skład Jego osiągnięcia naukowego.

Poniżej omówię skrótowo niektóre najciekawsze uzyskane przez autora rezultaty.

W cyklu prac Autor w sposób wielostronny i wyczerpujący przebadął transport i magnetoopor w nanostrukturach przy uwzględnieniu różnych istotnych oddziaływań i różnych modelowych relacji między nimi. Rozważano wpływ lokalnych i nielokalnych oddziaływań kulombowskich, oddziaływań wymiany oraz różnych wartości sprzężeń QD's z elektrodami niemagnetycznymi i ferromagnetycznymi. Dla układu dwóch QDs przebadano m.in. wpływ oddziaływań kulombowskich na dynamiczne korelacje w transporcie. Przeanalizowano wpływ stanów singletowych i trypletowych na kształt charakterystyk tunelowego magnetoporu. (TMR). Pokazano rolę konfiguracji spinowych w transporcie. Przedyskutowano też warunki przy których występuje zjawisko ujemnego oporu różniczkowego (NDR) i ujemnego TMR. Przeanalizowano również nowe, interesujące zjawisko tzw. dynamicznego przełączania polaryzacji i wytłumaczono mechanizm jego powstawania którym jest konkurencja między tunelowaniem przez różne kanały przewodnictwa. Co ważne, zaproponowano też układ pomiarowy do eksperymentalnego potwierdzenia tego efektu.

Innym ciekawym problemem rozważanym w osiągnięciu naukowym jest zjawisko transportu w nanostrukturach hybrydowych z trzema elektrodami, gdzie jedna z nich jest nadprzewodząca. Przedyskutowano , w sytuacji dużej przerwy nadprzewodzącej, konkurencję i współgranie różnych mechanizmów oddziaływań i wielociałowych efektów w zakresie małych i dużych napięć . Pokazano jak procesy Andrejewa, oddziaływanie kulombowskie i korelacje Kondo wpływają na płynący prąd poprzez zbadanie przewodności lokalnej i

nielokalnej. Pokazano m.in. że w wyniku współzawodnictwa między balistycznym transportem elektronów i nielokalnymi procesami Andrejewa nielokalna przewodność może zmieniać znak z ujemnej na dodatnią. Efekt ten jest silny dla obu zakresów badanych napięć. Pozwala to również określić w kontrolowany i precyzyjny sposób pozycję stanów Andrejewa. Te nowe teoretyczne przewidywania nielokalnych efektów powinny być wkrótce zweryfikowane eksperymentalnie. Dyskutowany układ hybrydowy może służyć również jako źródło splątanych elektronów. Przedyskutowano proces rozdzielania par Coopera, przy zachowaniu splątania i w szczególności wpływ na to zjawisko nielokalnych procesów Andrejewa. Efektywność rozdzielania może osiągnąć 80% i może być ona regulowana przez zmianę parametrów elektrycznych.

Podsumowując, prace dr Grzegorza Michałka przedstawiają wielostronną analizę transportu w wybranej grupie nanoukładów i zawierają szereg wartościowych rezultatów.

Ważną cechą dobrych badań jest przedstawianie oryginalnych analiz, co stymuluje badania eksperymentalne, potwierdzając jednocześnie słuszność teoretycznych, modelowych założeń. Takie badania są konieczne, jeśli tego typu nanoukłady mają stać się urządzeniami nowoczesnej elektroniki i spintroniki. Prace Autora można potraktować jako teoretyczne przewidywania (tzw. theoretical predictions), które mogą być zweryfikowane doświadczalnie.

Bibliografia autoreferatu zawiera 84 pozycje i jest rzetelnym przeglądem publikacji z dziedziny którą zajmuje się Autor. Liczba obcych cytowań (wg WoS) wynosi 204, liczba autocytowań to 21. Liczba obcych cytowań do autocytowań jest tu właściwa. Niestety zdarzają się autorzy których liczba autocytowań wynosi ponad 50% co jest moim zdaniem niepoprawne.

Dr Michałek jest również współautorem 15 publikacji (w tym jednej samodzielnej) nie wchodzących w skład Jego osiągnięcia naukowego, jest też współautorem 4 prac spoza bazy JCR.

Dr Grzegorz Michałek był wykonawcą w 7 krajowych projektach badawczych finansowanych przez KBN lub NCN. W badaniach swoich autor brał również udział w trzech międzynarodowych projektach badawczych finansowanych przez European Science Foundation. Ciekawe wyniki otrzymywał też we współpracy z wybitnymi fizykami z Katedry Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Autor odbył roczny staż w Instytucie Fizyki Teoretycznej na Uniwersytecie w Hamburgu oraz jeden miesięczny staż naukowy w tym Instytucie. Współpraca z naukowcami z zagranicy nie jest imponująca, ale czasem względy pozamerytoryczne są tego powodem i ograniczę się jedynie do stwierdzenia faktu.

Dr Michałek wygłosił 10 wykładów na międzynarodowych konferencjach naukowych. Nie znalazłam informacji czy część z nich była wykładami

zaproszonymi. Wygłosił też kilka seminariów z prac własnych na uniwersytetach krajowych i zagranicznych. Za swoją działalność naukową otrzymał 8 wyróżnień i nagród. Ponieważ Instytut Fizyki Molekularnej nie prowadzi działalności dydaktycznej na dwóch pierwszych stopniach studiów fizyki Jego działalność w dziedzinie dydaktyki polegała m.in. na opiece nad praktykami studentów oraz nad doktorantami z zagranicy. Konsultował też i pomagał w pisaniu prac doktorskich studentom studiów doktoranckich. W ramach działalności organizacyjnej dr Michałek był współorganizatorem 4 międzynarodowych konferencji naukowych . Był też wolontariuszem podczas kilku konferencji Physics of Magnetism w Poznaniu.

Jak widać z przedstawionej powyżej analizy dorobek naukowy Autora obejmuje ważny obszar fizyki współczesnej. Waga rozwiązywanych problemów i osiągniętych wyników jest istotną miarą jego osiągnięć naukowych i oceniam ją wysoko. Niezwykły postęp w technologii półprzewodnikowej pozwala wykorzystać interesujące własności tych kwantowych nanostruktur w nowoczesnej elektronice, spintronice czy optoelektronice. Dlatego tak ważne są rzetelne i wnikliwe badania teoretyczne wykonywane przez autora.

Całokształt działalności naukowej i dydaktyczno-organizacyjnej doktora Grzegorza Michałka oceniam jako znaczący, a uzyskane wyniki badawcze stanowią istotny wkład w zrozumienie i wyjaśnienie pewnych problemów, na które stara się znaleźć odpowiedź współczesna fizyka skorelowanych nanoukładów.

Stawiam wniosek o wszczęcie dalszej procedury w celu przyznania doktorowi Grzegorzowi Michałkowi stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych.

Katowice, 28.02.2020

Prof. dr hab. Elżbieta Zipper