

Prof. Lucjan Jacak
Instytut Fizyki
Politechniki Wrocławskiej
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

W-w, 2 maja 2006

Recenzja rozprawy habilitacyjnej
dra Jana Martinka
pt.
Transport zależny od spinu w układach
z silnym oddziaływaniem kulombowskim

Przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna dra Jana Martinka z Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu dotyczy zagadnień transportu kwantowego zależnego od spinu przez nanostruktury metaliczne/półprzewodnikowe nazywane kropkami kwantowymi, w układach typu magnetycznego tranzystora jedno-elektronowego. Jest to silnie rozwijany obecnie obszar badań związany z perspektywicznymi zastosowaniami spintronicznymi. Praca została wykonana w zespole ośrodka poznańskiego, od kilku lat zaangażowanego w rozwój teoretycznego opisu magnetycznie i prądowo sterowanego spinowego transportu w układach kropek kwantowych, w kierunku konstrukcji zaworu spinowego i tranzystora spinowego. Badania te zbiegają się w czasie z rozwojem tematyki słabo domieszkowanych magnetycznie półprzewodników (tzw. półmagnetycznych półprzewodników) II-VI i zwłaszcza III-V, gdzie uzyskano wysoką temperaturę (powyżej 100K) przejścia do fazy magnetycznie uporządkowanej. Nowe możliwości skorelowania sterowania ładunkowych i spinowych stopni swobody, zwłaszcza w układach nanoskopowych (kropkach kwantowych) wywołują duże zainteresowanie wobec możliwości informatycznych zastosowań nowych bramek magnetycznych, o większych możliwościach w porównaniu z dominującymi dziś rozwiązaniami prądowo-ładunkowymi. Związana z tym konieczność rozpoznania koherentnego sterowania spinami w nanoukładach, co stanowi sedno nowo rozwijanych technik spintronicznych, leży w tle przedstawionej rozprawy habilitacyjnej. W tym kontekście własności transportowe przez kropki i ich układy przy uwzględnieniu spinu (m.in. efekt Kondo w skali nano) stanowią bardzo ważne kierunki rozwoju o potencjalnie ogromnym znaczeniu dla konstrukcji nowych transportowych urządzeń, takich jak kwantowe tranzystory i diody, czy magnetyczne zawory.

Przedstawiona rozprawa habilitacyjna składa się z cyklu 11 publikacji współautorskich w renomowanych czasopismach międzynarodowych:

1 w J. Magn. Mag. (5 autorów)

5 w Phys. Rev. B (4 autorów, 5 autorów, 5 autorów, 4 autorów, 3 autorów)

3 w Phys. Rev. Lett. (2 autorów, 7 autorów, 7 autorów)

1 w Science (reports) (7 autorów)

1 w J. Supercond. (5 autorów)

Średnia liczba autorów wynosi więc 5, co formalnie dawać by mogło około 2 (11/5) pełne prace. Obecnie wielo-autorstwo jest jednak raczej normą – wskazuje na konieczną silną współpracę, zwłaszcza międzynarodową, i nie działa na niekorzyść oceny. Niewątpliwa jest bardzo wysoka ranga czasopism, w których umieszczone są wyżej wymienione prace –

Science, Physical Review Letters i Physical Review. Wśród współautorów występują często prof. J. Barnaś i prof. B. Bułka, którzy wraz z młodszymi współpracownikami tworzą w Poznaniu zespół, od kilku lat zajmujący się skutecznie zagadnieniami poruszonymi w przedstawionej rozprawie. Dołączone oświadczenia współautorów rozwiewają wątpliwości co do wystarczająco istotnego, i spełniającego wymogi ustawowe, udziału autora rozprawy. Prof. Barnaś wskazuje na wiodący udział dra Martinka w 2 wspólnych publikacjach (PRB, J. Supercond.), prof. G. Schön podkreśla dominującą rolę dra Martinka w 3 publikacjach (2 PRL i Science). Podobnie oceniają udział w tych pracach dr Y. Utsumi, prof. J. Van Delft, prof. dan Ralph, prof. H. Imamura i prof. S. Maekawa. W innych pracach udział określony jest proporcjonalnie do współautorów. Należy zatem uznać, że mamy tu do czynienia z istotnym i częściowo głównym udziałem habilitanta w formułowaniu najważniejszych rezultatów prac opublikowanych w międzynarodowych renomowanych czasopismach, co należy zatem przyjąć za wymagany w przypadku habitacji, oryginalny wkład w stosownie szeroką i nową dziedzinę, jaką jest transport spinowy przez kropki i ich układy (choć ta dziedzina, w znacznie szerszej perspektywie, została rozwinięta przez cały zespół, przy dużej współpracy międzynarodowej).

Do rozprawy dołączone są też: omówienie cyklu wybranych 11 publikacji, autoreferat, kopie prac pozostałego dorobku naukowego habilitanta i inne dokumenty określone przepisami. W szczególności są to zestawienia grantów, w których realizacji habilitant brał udział, prezentacji konferencyjnych, stypendiów zagranicznych i wizyt w innych ośrodkach. Szczególnie długa jest lista wskazująca na liczne zagraniczne (krótkie i dłuższe) kontakty autora rozprawy, co pozytywnie wpływa na ocenę całego dorobku – w kontekście sprzyjającej roli intensywnych kontaktów międzynarodowych, choć należy tu zauważyć, że obecnie są one zdecydowanie bardziej dostępne i ułatwione np. przez niemal lawinową mnogość różnego rodzaju konferencji, zwłaszcza w obszarze modnych i powszechnie uprawianych dziedzin, do jakich zaliczyć można nanotechnologię i w tym spintronikę. Bezpośredni kontakt zwłaszcza z eksperymentem w dobrych ośrodkach jest jednak bardzo ważny i trudny do przecenienia.

Badania będące przedmiotem rozprawy mają charakter teoretyczny, ale podkreślany jest ścisły związek z eksperymentem. Kwantowy opis nano-kontaktów rozwijany jest przy użyciu technik nierównowagowych funkcji Greena-Keldysa.

Dużo uwagi poświęcono rezonansowym/wielociałowym efektom kontaktowym – efektowi Kondo dla kontaktów kropek kwantowych przy uwzględnieniu polaryzacji spinowej nośników, wyspy i elektrod. Zastosowano nierównowagowe funkcje Keldysa, przy pomocy których wyrażono prąd przez kontakt nanostruktury, co pozwala na modelowe badanie rozmaitych zjawisk transportowych poprzez dobór stosownych członów efektywnego hamiltonianu. Posłużono się typowym modelowym hamiltonianem typu Hubbarda, w którym transport koresponduje z założonymi parametrami przeskoku, a oddziaływanie z parametrem typu *on-site*. Do zasadniczych osiągnięć autora zaliczyć tu należy:

- Opis transportu w ferromagnetycznym tranzystorze jedno-elektronowym w zakresie tunelowania sekwencyjnego;
- Opis transportu w ferromagnetycznym tranzystorze jedno-elektronowym w sytuacji blokady kulombowskiej (nazywany w pracy *kotunelowaniem*);
- Opis transportu w ferromagnetycznym tranzystorze jedno-elektronowym w reżimie silnego sprzężenia.

Skoncentrowano się przy tym na opisie prądu elektrycznego i spinowego, akumulacji spinu i fluktuacjach spinowych, szumie śrutowym, precesji spinu, oddziaływaniu RKKY w kropkach kwantowych i efekcie Kondo w nanostrukturach. Pośród rezultatów autor wymienia:

systematyczny opis współistnienia efektu Kondo i ferromagnetyzmu na przykładzie kropki kwantowej z ferromagnetycznymi elektrodami, sformułowanie teorii transportu elektrycznego przez kropkę przy nierównoległym ustawieniu magnetyzacji elektrod (w tym uwzględnienie precesji spinu), opis ferromagnetycznego tranzystora jedno-elektronowego z niemagnetyczną wyspą, a także przeanalizowanie indukowania przez ferromagnetyczne elektrody silnego pola molekularnego w kropce kwantowej. Autor wskazuje także na dobrą zgodność, a nawet wzajemną korelację, prowadzonych przez niego badań teoretycznych z wynikami eksperymentalnymi.

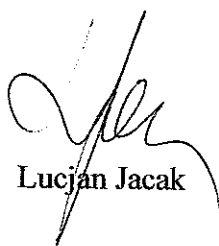
Przedstawione rezultaty stanowią z pewnością istotny wkład w dziedzinę spintroniki i uzasadniają bardzo wysoką ocenę recenzowanej rozprawy habilitacyjnej. Opinię taką wspiera też stosunkowo duża liczba cytowań (łącznie 167).

Pozostały dorobek habilitanta obejmuje kilkadziesiąt innych publikacji – w tym liczne w renomowanych czasopismach takich jak Physical Review, głównie w zakresie tematyki nadprzewodnictwa wysoko-temperaturowego realizowanej w zespole Prof. J. Stankowskiego.

Do drobnych i nieistotnych dla oceny rozprawy uwag krytycznych, zaliczyć można pewną jednak niestaranność redakcyjną opracowania. W załączonym przez autora omówieniu prac jest wiele błędów stylistycznych, interpunkcyjnych, a nawet ortograficznych (np. str. 10 – powinno być raczej ‘potęgowa zależność’ zamiast ‘algebraiczna’, str. 15 – powinno być ‘ograniczającym’ zamiast ‘limitującym’, str. 16 – powinno być ‘super poissonowska’ zamiast ‘super Poissonowska’, str. 19 – powinno być ‘dwustopniowo’ zamiast ‘dwu stopniowo’, str. 23 – powinno być raczej w ‘ubiegłym’ zamiast w ‘zeszłym’, poza tym ‘kotunelowanie’ jest niezręcznym terminem – może lepiej np. ‘nadtunelowanie’). Te drobne zastrzeżenia nie mają znaczenia, zwłaszcza że niezręczności redakcyjne są nieobecne w oryginalnych publikacjach, które spełniających bardzo wysokie wymagania edytorsko-redakcyjne czasopism.

Reasumując uważam, że przedstawiona rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym – w sposób jasny i wystarczający formułuje nowy i szeroki fragment wiedzy odnośnie transportu w ferromagnetycznym tranzystorze jednoelektrodowym w rozmaitych reżimach i przy głębokim zrozumieniu licznych zjawisk spinowych, w dobrym odniesieniu do eksperymentu. Bardzo wysoki standard publikacji jest tu przekonującym dowodem wysokiej jakości i oryginalności rezultatów. Wnoszę zatem o dopuszczenie dra Jana Martinka do dalszych etapów postępowanie habilitacyjnego.

W uznaniu wysokiej jakości przedstawionej rozprawy wnoszę także o stosowne wyróżnienie jej przez Radę Naukową, w przypadku pozytywnego przebiegu i oceny kolokwium habilitacyjnego.



Lucjan Jacak