



UNIWERSYTET  
IM. ADAMA MICKIEWICZA  
W POZNANIU

WYDZIAŁ FIZYKI  
ZAKŁAD FIZYKI MEZOSKOPOWEJ

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2  
61-614 Poznań

prof. dr hab. Ireneusz Weymann

www: [weymann.home.amu.edu.pl](http://weymann.home.amu.edu.pl)  
email: [weymann@amu.edu.pl](mailto:weymann@amu.edu.pl)

---

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej Pana dra inż. Michała Wierzbickiego  
pt. „Efekty termoelektryczne w niskowymiarowych układach kwantowych”  
oraz opinia o Jego aktywności naukowej**

Pan dr inż. Michał Wierzbicki jest adiunktem na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Od początku swojej działalności naukowej dr Wierzbicki jest związany z Politechniką Warszawską. Tytuł magistra inżyniera nauk fizycznych uzyskał w 1994 roku na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej PW na podstawie pracy „Analiza fraktalna stanów chaosu deterministycznego” przygotowanej pod opieką prof. dr. hab. Jacka Żebrowskiego. Doktorat przygotował pod opieką prof. dr. hab. Jerzego Kocińskiego, a rozprawę doktorską pt. „Zjawiska optyczne w supersiatkach o spiralnym uporządkowaniu magnetycznym” obronił w 1998 roku uzyskując stopień doktora nauk fizycznych. Od 1999 roku dr Wierzbicki jest zatrudniony na stanowisku adiunkta. Choć Kandydat wszystkie szczeble kariery naukowej zdobywa w tej samej jednostce, co jest związane z pewną hermetycznością, jego zainteresowania badawcze są stosunkowo szerokie, od optyki nieliniowej przez fizykę wysokich ciśnień do fizyki matematycznej, natomiast rozprawa habilitacyjna dotyczy termoelektrycznych własności transportowych układów niskowymiarowych.

Osiągnięcie habilitacyjne ma formę cyklu trzynastu publikacji naukowych, z których większość ukazała się w prestiżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Cykl prezentuje wyniki badań opublikowanych w latach 2009-2017, które zostały przeprowadzone we współpracy z prof. Renatą Świrkowicz (12 artykułów) i prof. Józefem Barnasiem (5 artykułów). Współpraca ta zaowocowała interesującymi pracami i niewątpliwie przyczyniła się do rozwoju naukowego Kandydata kierując Jego zainteresowania na najbardziej aktualne zagadnienia fizyki mezoskopowej. Badania zjawisk transportowych w układach niskowymiarowych, takich jak kropki kwantowe dołączone do zewnętrznych elektrod czy też grafen i układy grafenopodobne, jest przedmiotem intensywnych prac badawczych prowadzonych w wielu ośrodkach naukowych na świecie. Ponadto, w przypadku gdy elektrody takich układów są magnetyczne, rozpatrywane nanostruktury mogą służyć do konstruowania podstawowych układów nanoelektroniki spinowej. Pod koniec ubiegłej dekady zainteresowania naukowców skierowały się na badania oddziaływań pomiędzy prądami

elektronowymi i spinowymi, a przepływem ciepła. Zjawiska termoelektryczne, takie jak efekt Seebecka czy Peltiera, choć znane od blisko dwóch stuleci, dopiero od kilkunastu lat przeżywają swój renesans. Jest to związane z faktem, że dobroć termoelektryczna, determinowana prawem Wiedemanna-Franza dla układów masywnych, w układach niskowymiarowych (gdzie prawo to może zostać złamane, jak zademonstrowali Mahan i Sofo) może zostać istotnie wzmocniona poprzez nanostrukturyzację. Czyni to układy nanoskopowe atrakcyjne dla potencjalnych zastosowań termoelektrycznych. Ponadto, okazało się, że w przypadku gdy elementy nanostruktury są magnetyczne, w układzie pojawić się może spinowa termosita – układ taki może służyć do generowania prądów spinowych przy pomocy gradientu temperatury. Badanie zjawisk termoelektrycznych w skali nano nie tylko prowadzi do atrakcyjnych możliwości aplikacyjnych, ale przede wszystkim otwiera nowe horyzonty dla badań podstawowych i obserwacji zjawisk nie znanych dotąd z badania układów masywnych. Tematyka podjęta przez Habilitanta jest więc wyjątkowo modna, a niektóre z Jego prac mają charakter pionierski – dały podstawy do rozwoju kalorytroniki spinowej.

Publikacje wchodzące w skład cyklu habilitacyjnego ukazały się w większości w najlepszych czasopismach naukowych i zostały już poddane wnikliwemu procesowi recenzenckiemu. Pięć prac zostało opublikowanych w *Physical Review B*, dwie w *Journal of Physics: Condensed Matter*, dwie w *Acta Physica Polonica A* oraz po jednej w *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, *Physica E*, *Physics Letters A* oraz w *Journal of Physics: Conference Series*. Trzy z powyższych prac są krótszymi publikacjami pokonferencyjnymi (prace [4], [8], [9]), natomiast najistotniejszy materiał jest przedstawiony w pozostałych dziewięciu artykułach. Wkład habilitanta w powstanie wszystkich prac był istotny, jak wynika z załączonych oświadczeń współautorów.

Od strony układów badanych w ramach cyklu, wyraźnie można wydzielić dwa wątki. Prace [1-9] dotyczą badania własności elektrycznych i termoelektrycznych układów kropek kwantowych z magnetycznymi elektrodami, natomiast publikacje [10-13] dotyczą badania własności termoelektrycznych układów dwuwymiarowych. Za najważniejszą publikację całego cyklu uważam pracę [1], w której po raz pierwszy przedstawiono teorię spinowej termosity w układach kropek kwantowych. Praca ta na dzień przygotowania wniosku uzyskała 161 cytowań. W publikacji wyznaczono spinowe własności termoelektryczne pojedynczej kropki kwantowej dołączonej do zewnętrznych elektrod ferromagnetycznych, których momenty magnetyczne nie są współliniowe. Kolejne publikacje (prace [2,3,5]) także dotyczą badania własności termoelektrycznych pojedynczych kropek kwantowych, jednak tym razem założono, że w transporcie bierze udział więcej poziomów orbitalnych. Pokazano między innymi, że w przypadku, gdy sprzężenie tunelowe zależy od poziomu energetycznego kropki kwantowej, współczynnik dobroci termoelektrycznej może zostać wzmocniony. Kolejną kluczową pracą cyklu jest artykuł [6], w którym przeanalizowano własności termoelektryczne podwójnych kropek kwantowych. W publikacji rozpatrzono model bezspinowy i skupiono się na wpływie sprzężenia

pojemnościowego pomiędzy kropkami kwantowymi, a także geometrii układu oraz pola magnetycznego na własności termoelektryczne. Wykazano, że kwantowa interferencja może prowadzić do wzmocnienia współczynnika dobroci termoelektrycznej, a przewodność cieplna wykazuje charakterystyczny antyrezonans Fano. Szkoda, że nie uogólniono tej pracy na przypadek spinowy, co zostało zrobione później przez innych autorów i spotkało się z dużym zainteresowaniem.

Kolejne cztery prace cyklu [10-13] prezentują wyniki badań dotyczących własności termoelektrycznych układów dwuwymiarowych, takich jak grafen czy silicen. Analiza została przeprowadzona w liniowej odpowiedzi stosując model ciasnego wiązania, który został rozwiązany dla różnych rozpatrywanych geometrii nanostruktur. Praca [10] dotyczy badania spinowych zjawisk termoelektrycznych w nano-wstążkach grafenowych z wewnętrznymi otworami. Pokazano, że taka strukturyzacja może prowadzić do wzmocnienia spinowej termosiły dla pewnych wartości potencjału chemicznego. Kolejna publikacja (praca [11]) dotyczy własności termoelektrycznych silicenu – warstwy krzemu o strukturze heksagonalnej. W pracy tej skupiono się na wpływie topologicznych stanów krawędziowych na własności transportowe i termoelektryczne układu. Natomiast w pracy [12] zbadano wpływ oddziaływań elektronowych oraz spinowo-orbitalnych na konfigurację magnetyczną stanu podstawowego oraz własności termoelektryczne zygzakowatych nano-wstążek zbudowanych z dwuwymiarowych struktur o symetrii heksagonalnej. Pokazano między innymi, że nano-wstążki z ferromagnetycznym uporządkowaniem brzegowym wykazują nie tylko konwencjonalną termosiłę, ale także spinową. Ostatnia praca cyklu rozszerza prowadzone wcześniej badania na przypadek oddziaływania Rashby dla struktur grafenopodobnych.

Jak wynika z oświadczeń współautorów, we wszystkich publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego, dr Wierzicki odegrał istotną rolę – w jedenastu pracach jest pierwszy autorem. Habilitant wykonał obliczenia numeryczne, tworząc uprzednio odpowiednie oprogramowanie, przygotował rysunki oraz manuskrypt, brał również udział w dyskusjach i interpretacji wyników. Świadczy to niewątpliwie o Jego dojrzałości naukowej i zrozumieniu zjawisk transportowych układów niskowymiarowych, a także o biegłości w posługiwaniu się metodami numerycznymi stosowanymi do obliczania współczynników transportowych, w szczególności w metodzie nierównowagowych funkcji Greena. Metoda ta pozwala na badanie transportu w granicy odpowiednio słabych sprzężeń do zewnętrznych kontaktów, natomiast ma pewne ograniczenia w przypadku reżimu Kondo.

Jeżeli chodzi o publikacje nie wchodzące w skład cyklu habilitacyjnego, dr Wierzicki jest autorem bądź współautorem 29 artykułów naukowych. Tematyka tych publikacji dotyczy dalszych badań własności transportowych nano-wstążek grafenowych i grafenopodobnych z wykorzystaniem metod ab initio. Ponadto, w swoich pracach Habilitant poruszał zagadnienia z różnych obszarów fizyki, obejmujących optykę, fizykę ciała stałego, chaos, fizykę wysokich ciśnień czy też

fizykę matematyczną. Całkowita liczba cytowań prac Kandydata na dzień złożenia wniosku wynosi 487, a indeks Hirscha jest równy 9. Indeks Hirscha jest stosunkowo niski biorąc pod uwagę, że Habilitant jest już 21 lat po doktoracie. Jest to związane z faktem, że większość Jego publikacji, choć obejmujących szerokie spektrum problemów fizycznych, nie znalazło odpowiedniego oddźwięku w literaturze. Dopiero włączenie się w nurt badań dotyczących transportu w układach niskowymiarowych – bądź co bądź bardzo aktualną i modną tematykę badań – sprawiło, że dr Wierzbicki stał się bardziej rozpoznawalny, a Jego prace z tej problematyki są licznie cytowane. Pewnym mankamentem tego wniosku habilitacyjnego jest brak długoterminowych staży zagranicznych oraz brak kierowania grantami badawczymi. Moim zdaniem, samodzielny pracownik naukowy powinien wykazać się aktywnością w pozyskiwaniu środków na prowadzenie badań uzyskanych w ramach otwartych konkursów, które pozwolą na założenie i sfinansowanie własnej grupy badawczej. Mam nadzieję, że Kandydat z sukcesem podejmie odpowiednie działania w tym kierunku.

Na szczególną uwagę zasługuje zaangażowanie dra Wierzbickiego w dydaktykę i popularyzację nauki. Kandydat prowadził zajęcia m.in. z mechaniki klasycznej, mechaniki kwantowej, elektrodynamiki oraz termodynamiki i fizyki statystycznej. Jego zajęcia cieszą się dużym uznaniem wśród studentów – jest trójkrotnym laureatem „Złotej Kredy” – nagrody przyznawanej za najlepiej prowadzony wykład lub ćwiczenia na Wydziale Fizyki PW. Ponadto, dr Wierzbicki jest autorem skryptów z elektrodynamiki klasycznej, mechaniki klasycznej oraz termodynamiki i fizyki statystycznej – dwa pierwsze skrypty zostały wydane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Habilitant był opiekunem Koła Naukowego Fizyków, z którym brał czynny udział w imprezach popularyzujących naukę. Obecnie dr Wierzbicki kieruje Pracownią Modelowania Struktur Niskowymiarowych i jest administratorem rozproszonego klastra obliczeniowego.

W podsumowaniu stwierdzam, iż recenzowane osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny Habilitanta spełniają kryteria zwyczajowe oraz te określone w Ustawie. Wnoszę zatem o dopuszczenie Pana dr. inż. Michała Wierzbickiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego oraz popieram wniosek o nadanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Poznań, 26 listopada 2019 roku

