



# Instytut Fizyki Molekularnej PAN

ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań

**Prof. dr hab. Bogdan Bułka**

E-mail: [bulka@ifmpan.poznan.pl](mailto:bulka@ifmpan.poznan.pl); tel. 61 8695-152

---

## Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i działalności popularyzującej naukę

dra inż. Witolda Aleksandra Jacaka

w sprawie postępowania habilitacyjnego

Pan Witold A. Jacak studiował fizykę i jednocześnie informatykę na Politechnice Wrocławskiej na Wydziale Podstawowych Techniki oraz na Wydziale Informatyki i Zarządzania, gdzie w roku 2005 uzyskał stopień magistra inżyniera fizyki i magistra inżyniera informatyki. Następnie rozpoczął studia doktoranckie i w krótkim czasie, po trzech latach, obronił rozprawę doktorską pt. „Dekoherencja orbitalnych i spinowych stopni swobody w kropkach kwantowych”, której promotorem był prof. R. Gonczarek. Tematyka informatyki kwantowej w kropkach kwantowych kontynuowana jest również po doktoracie, opublikowano 8 prac, w tym 3 monografie wydane przez Oficynę Wydawniczą PWr. Wiele prac powstało we współpracy z prof. Lucjanem Jacakiem i prof. J. Krasnyj. Z czasem dr W. A. Jacak wyraźnie zaznacza swoją własną tematykę badawczą związaną z własnościami plazmonów i polarytonów w metalicznych nanocząstkach.

W swoim dorobku dr W. A. Jacak ma 46 publikacji, z czego 14 prac opublikowano przed doktoratem, z sumarycznym IF = 74.1, i punktacją czasopism MNiSW = 810. Ilościowo jest to dorobek znaczący. Słabiej wypada liczba cytowań: 56, a indeks Hirscha = 5 oceniam jako niski.

### Ocena rozprawy habilitacyjnej

Zgodnie z art.16.2 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym za osiągnięcie naukowe uzyskane po doktoracie i stanowiące podstawę do uzyskania stopnia doktora habilitowanego dr W. A. Jacak przedstawia rozprawę pt. „**Radiacyjne własności plazmonów**

**w metalicznych nanocząstkach i plazmono-polarytonów w metalicznych nanołańcuchach oraz w układach jonowych wraz z zastosowaniami**”, będącą zbiorem 19 publikacji. 8 z prac jest mono-autorskich, a Habilitant jest pierwszym autorem w 7 pracach wielo-autorskich. Z oświadczeń współautorów wynika, że dr W. A. Jacak miał znaczący wkład w badaniach i w redakcji tych prac. Niejasne jest dla mnie ustawienie kolejności nazwisk w pracach wielo-autorskich, np. w publikacji w *Physical Review B* z 2010 roku (Ref. [12]) Habilitant ocenił swój wkład na 70%, a jest wymieniony na trzecim miejscu, zaś pierwszy autor, dr inż. J. Jacak, szacuje swój wkład na 5%.

Przy pisaniu recenzji pomocny jest po części autoreferat Habilitanta. Utrudnieniem jest przypadkowa numeracja publikacji wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej, która nie jest ani chronologiczna ani tematyczna, ponadto inna numeracja jest stosowana w autoreferacie. Pomijam pewną niestaranność językową autoreferatu.

Rozprawa habilitacyjna stanowi dorobek naukowy ostatnich sześciu lat, pierwsze publikacje na temat plazmonów pojawiają się w roku 2010: w *Physical Review B* [12] i w *Journal Applied Physics* [11, 13]. Wraz ze współpracownikami Habilitant adaptował teorię Pinesa-Bohma i przybliżenie faz przypadkowych (RPA) do opisu plazmonów w metalicznej sferycznej nanocząsteczce. Udało się odtworzyć wszystkie mody multipolowe powierzchniowych plazmonów oraz wyodrębnić plazmony objętościowe. Oryginalnym rezultatem jest opis krótkozasięgowego dipolowego oddziaływania elektromagnetycznego z pasmowymi elektronami w półprzewodnikowym podłożu, oddziaływania prowadzącego do silnego wzmocnienia transferu energii z plazmonów powierzchniowych do podłoża. Rezultat ten jest zgodny z obserwacjami eksperymentalnymi na metalicznie modyfikowanych powierzchniach układów fotodiod, co jest ważną wskazówką dla zwiększenia wydajności ogniw fotowoltaicznych. Istotnym elementem tego podejścia jest uwzględnienie procesów tłumienia (wprowadzone fenomenologicznie do rozwiązań wzbudzeń plazmonowych), i tym samym określenie roli dyssypacji energii rozpraszaniu na fononach, domieszkach dla różnych rozmiarów nanocząstek. Badania te koncentrują się na plazmonach w nanocząstkach o promieniu 10-60 nm, które autorzy nazywają jako „duże nanocząsteczki”. Inaczej jest w literaturze plazmonowej, gdzie nanocząsteczki o promieniu poniżej 50 nm określane są jako „małe” w stosunku do długości fali elektromagnetycznej i kiedy obserwuje się multipolowe wzbudzenia plazmonów [patrz np. M. A. Garcia, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 44, 283001 (2011)]. Dla Habilitanta „mała nanocząsteczka” jest o promieniu mniejszym od 10 nm, kiedy stany plazmonowe są słabo określone.

Problem tłumienia plazmonów w nanocząsteczkach niedawno powrócił do badań dra inż. W.A. Jacaka. Należy wspomnieć, że rozległe badania tłumienia plazmonów prowadziła również dr hab. Krystyna Kolwas z Instytutu Fizyki PAN. Publikacje Habilitanta [2, 4, 15] skupiają się na szczególnym problemie, mianowicie na procesach tarcia Lorentza w nanocząsteczkach metalicznych. Analizę przeprowadzono w ramach podejścia RPA, pokazując, że wraz ze wzrostem promienia  $a$  nanocząsteczki wrasta tłumienie plazmonów jak  $1/\tau \propto a^3$ , zaś dla większych promieni  $a > 50$  nm tarcie Lorentza prowadzi do spadku tłumienia. Podkreślam, że wyniki dra W.A. Jacaka są nowe, nieznanne w literaturze, wartościowe ze względu na analityczne rozwiązania. Należy dodać, że Habilitant prowadził również badania eksperymentalne (we współpracy z grupą D. Schaadta z Karlsruhe) rozmiarowej zależności rezonansu plazmowego i jego tłumienia na nanocząsteczkach złota i srebra (w pracy [11] z roku 2010).

Publikacje [8, 9, 10, 14, 16, 17, 18, 19] z rozprawy habilitacyjnej przedstawiają wyniki badań wzmocnienia efektywności baterii słonecznej poprzez mechanizm plazmonowy. Oczywiście tematyka ta ma duże znaczenie aplikacyjne. Godne uznania jest podjęcie przez dra W.A. Jacaka współpracy z eksperymentatorami z grupą prof. L-B. Changa i prof. M-J. Jenga z Chang Gung University z Taiwanu, prowadzonej w ramach projektu polsko-taiwańskiego. Rozszerzone zostały badania wzmocnienia wydajności baterii słonecznej poprzez plazmony, wcześniej opisanej w pracy [12] z Phys. Rev. B z roku 2010. Seria publikacji [14, 16, 17, 18, 19] opisuje wiele aspektów technologicznych prowadzących do optymalizacji i zwiększenia wydajności baterii słonecznych. Pokazano, że wzrasta efektywność ogniw krzemowych z nanocząstkami Au i Ag odpowiednio o 5.6% i 4.8%, zaś w ogniwach CIGS (copper-indium-gallium-selenide) wzrost efektywności jest mniejszy (o 1.2% i 1.4 %).

Publikacje [13, 6, 5, 7, 18] dotyczą nieco innego problemu, mianowicie kolektywnych wzbudzeń plazmonowo-polarytonowych w łańcuchach metalicznych nanocząstek. Ciekawym rezultatem badań dra W.A. Jacaka jest pokazanie bezstratnej propagacji długo zasięgowych modów plazmonowo-polarytonowych, które występują w nieskończonych łańcuchach nanocząstek dzięki idealnej kompensacji tłumienia Lorentza plazmonów wewnątrz nanocząstek oraz energii wypromieniowanej z innej nanocząstki. Podobne problemy rozpatrywali V.A. Markel (w Phys. Rev B 2007, 2008 i prace późniejsze) oraz D.S. Citrin (Nano Letters 2005 i prace późniejsze). Podejście dra Jacaka opiera się na standardowej technice rozwiązywania równań poprzez transformaty Fouriera, które daje wyniki analityczne, i w sposób pełny oraz przejrzysty pokazuje procesy fizyczne (omija przy tym

pułapki związane z osobliwościami rozwiązań i innymi artefaktami z wcześniejszych prac). Niedawno Habilitant przedstawił ciekawą hipotezę (w pracy [3]) o plazmowej naturze skokowego przewodnictwa sygnału czynnościowego (ang. *saltatory conduction*) w łańcuchach melinowanych aksonów neuronów.

## **Ocena działalności organizacyjnej, popularyzujących naukę oraz osiągnięć dydaktycznych**

Działalność organizacyjna i dydaktyczna dra W.A. Jacaka jest bardzo imponująca i obfita, dlatego ograniczę się tylko do tych najbardziej istotnych elementów.

Habilitant aktywnie uczestniczył w 53 konferencjach przedstawiając wyniki swoich badań.

Bardzo wysoko oceniam aktywność dr W.A. Jacaka w licznych, łącznie w 16 projektach badawczych. Warto wymienić: 1) kierowanie pakietem teoretycznym Polish-Taiwanese Project, NCBiR 2014-1016, *Plasmonics for Photovoltaics: Enhancement of Solar Cell Efficiency*; 2) reprezentant Polski w steering committee COST Action MultiscaleSolar 2014-2018; 3) kierowanie projektem NCN w latach 2012-2015 pt. „*Investigation of radiative effects for surface plasmons in metallic nanoparticles and nonlinear theory of collective plasmon-polaritons in metallic nano-arrays*”. Do tej bogatej listy należy dodać współpracę z firmą CompSecur z Wrocławia nad rozwojem kwantowej kryptografii i platform informatycznych w ramach kilku projektów w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka oraz Programie Operacyjnym Kapitał Ludzki w latach 2011-2016.

Dr W.A. Jacak współpracuje z kilkoma partnerami zagranicznymi i wielokrotnie przebywał w naukowych instytucjach zagranicznych. Można wymienić wizyty: na Uniwersytecie w Odessie u prof. J. Krasnyja, dra A. Chepoka, w Karlsruhe i Clausthal u prof. D. Schaadta, na Chang Gung University na Tajwanie u prof. Liann-Be Chang, na Technical University w Walencji u prof. G. Sanchez Plaza, na AIT Austrian Institute of Technology w Wiedniu, i jeszcze kilku innych. Jednak były to krótkoterminowe wizyty, Habilitant nie przebywał na dłuższym stażu naukowym.

Na pochwałę zasługuje również praca organizacyjna w trzech International Symposium LFPPI we Wrocławiu w latach 2008, 2011 i 2014. Ostatnie sympozjum było pod przewodnictwem dra W.A. Jacaka i zgromadziło ponad 500 uczestników.

Dr W.A. Jacak jest bardzo aktywny dydaktycznie na uczelni. Był On promotorem 3 prac inżynierskich, 3 prac magisterskich, oraz promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr K. Kluczyk. Na wydziale prowadził wiele ćwiczeń, seminariów i wykładów, w tym wykłady z Mechaniki kwantowej I i II, Elektrodynamiki, wykłady po polsku i angielsku: Green Function Methods in Quantum Statistical Physics, Quantum Information, oraz Quantum Cryptography. Godne uznania jest opublikowaniem aż trzech skryptów dla studentów (dwa skrypty wraz z W. Donderowiczem i L. Jacakiem) na temat informatyki kwantowej.

### **Podsumowanie oceny**

Przedstawiona rozprawa habilitacyjna i inny dorobek naukowy dra inż. Witolda A. Jacaka oceniam jako znaczny wkład w rozwój plazmoniki, i tym samym, zgodnie z ustawą o stopniach naukowych, spełnione zostało zasadnicze kryterium przyznania stopnia doktora habilitowanego. Publikacje wchodzące do rozprawy habilitacyjnej opisały w ramach teorii Pinesa-Bohma i przybliżenia faz przypadkowych wzbudzenia plazmonów powierzchniowych i objętościowych w metalicznych nanocząsteczkach. Podejście to uwzględnia również procesy tłumienia plazmonów, szczegółowo opisano procesy tarcia Lorentza. Wiedza zdobyta w studiach teoretycznych została przeniesiona do badań aplikacyjnych, gdzie poszukiwano wzmocnienia wydajności baterii słonecznych poprzez plazmony. Dr inż. W.A. Jacakowi udało się zgrabnie opisać bezstratną propagację wzbudzeń plazmonowo-polarytonowych w łańcuchach metalicznych nanocząstek, sugerując, że podobny mechanizm występuje w łańcuchach melinowanych aksonów neuronów.

Imponująca jest aktywność dydaktyczna i organizacyjna dra inż. W.A. Jacaka, pozyskiwanie z bardzo różnych źródeł krajowych i zagranicznych środków finansowych na badania.

B. Bułka

Poznań, 19 sierpnia 2016 r.

Prof. dr hab. Bogdan Bułka