

Prof. dr hab. Piotr Perlin
Instytut Wysokich Ciśnień
Polskiej Akademii Nauk

Warszawa, 25 sierpnia 2016.

**Ocena działalności naukowo-badawczej i dydaktycznej
dr hab. Adama Babińskiego w związku z postępowaniem
w sprawie nadania mu tytułu naukowego profesora.**

Życiorys naukowy Kandydata

Pan Adam Babiński ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w roku 1988 r. Po uzyskaniu tytułu magistra został zatrudniony jako asystent stażysta na Wydziale Fizyki UW gdzie pracuje do dzisiaj. Prace pana Babińskiego koncentrują się początkowo na fizyce tak zwanych głębokich defektów w GaAs. Ważnym elementem tych badań jest zastosowanie ciśnień jednoosiowych i hydrostatycznych w celu manipulacji poziomami energetycznymi defektów. Badania były niewątpliwie wymagające zarówno pod względem eksperymentalnym (technika ciśnieniowa) jak i opisowym (symetria w defektów). W roku 1995 pan Adam Babiński uzyskał tytuł doktora nauk fizycznych na podstawie rozprawy zatytułowanej „Własności elektryczne GaAs w warunkach ciśnień jednoosiowych i hydrostatycznych.” przygotowanej pod opieką prof. Jacka Baranowskiego.

W latach 1995 -2007 pan Adam Babiński prowadził badania systemów zero-wymiarowych – kropek kwantowych, opartych głównie o struktury InAs/GaAs lub InGaAs/GaAs. Jak wiadomo ten system materiałowy umożliwia wytworzenie samo-organizujących się kropek kwantowych (mechanizm Stransky-Krastanov) i jest prototypowym systemem w tym obszarze badań.

Badania doktora Babińskiego wykorzystywały metody spektroskopii optycznej i magnetospektroskopii. W niektórych badaniach zastosowano metody spektroskopii modulacyjnej. Doktor Babiński badał też stany elektronowe w kropkach kwantowych w warunkach zewnętrznie przyłożonych wysokich pól elektrycznych.

Jednym z istotnych wyników badań była charakteryzacja kropek z obsadzonymi poziomami p i d.

Najwyższą cytowalność spośród jego publikacji w tym okresie ma praca zatytułowana „*Rapid thermal annealing of InAs/GaAs quantum dots under a GaAs proximity cap.*” opublikowana w Applied Physics Letters w roku 2001 (blisko 100 cytowań).

W roku 2007 Pan doktor Babiński przedstawia Radzie Naukowej Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW rozprawę habilitacyjną zatytułowaną „Zjawiska lokalizacji w strukturach niskowymiarowych na bazie związków In(Ga)As/Ga(Al)As.” i otrzymuje stopień naukowy doktora habilitowanego.

W roku 2012 doktor Babiński zostaje zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego UW.

Bieżąca tematyka badań doktora Babińskiego to własności optyczne (w tym szczególnie rozpraszanie Ramana) systemów dwuwymiarowych takich jak MoS_2 czy MoTe_2 .

Ocena działalności naukowo-badawczej

Działalność naukowa doktora Adama Babińskiego jest ściśle związana z aktywnością i zainteresowaniami Zakładu Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW, i chociaż pan Babiński należy do badaczy średniego pokolenia, można w jego wyborach naukowych odczytać dobrze historię fizyki półprzewodników zapoczątkowaną kiedyś w Polsce przez profesora Leonarda Sosnowskiego.

Pierwsze prace naukowe doktora Babińskiego dotyczyły badania własności tak zwanych głębokich stanów elektronowych w związkach półprzewodnikowych takich jak GaAs. Pod koniec lat osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia doktor Babiński zainteresował się stanami domieszkowymi i defektowymi silnie oddziaływającymi z siecią. Istnienie takich poziomów prowadziło do interesujących fizycznie efektów jak np. trwałe fotoprzewodnictwo, miało też praktyczne znaczenie dla działania przyrządów elektronicznych (tranzystory). Pośród głębokich defektów największe zainteresowanie budziły dwa z nich ważne dla GaAs: defekt EL2 (arsen w miejscu galu) i defekt DX związany (głównie) z podstawieniowymi domieszkami w GaAs, takimi jak Si czy Se.

W badaniach tych poziomów bardzo ważną metodą okazało się zastosowanie ciśnień hydrostatycznych umożliwiających przesuwanie poziomów defektowych w stosunku do pasm półprzewodnika i tym samym regulację ich obsadzenia. Dodatkowo, użycie ciśnień o niższej symetrii (jednoosiowych) pozwoliło na zniesienie degeneracji poziomów i dodatkowy wgląd w fizykę badanych stanów. Doktor Babiński często używał też metody DLTS (Deep-level transient spectroscopy) do badania tych poziomów. Niestety wiele prac z tego okresu było publikowanych w lokalnych czasopismach o niskim czynniku oddziaływania. Do publikacji w uznanych, międzynarodowych czasopismach należą:

A. Babiński, A. Wysmołek, and J.M. Baranowski, „Splitting of the metastable EL2 acceptor state”, *Physical Review B* 50, 10656 (1994) (2 cytowania) i M. Baj, P. Dreszer, A. Babiński „Pressure-induced negative charge state of the EL2 defect in its metastable configuration”- *Physical Review B*, 1991 (45 cytowań).

Patrząc na dorobek doktora Babińskiego z tego okresu, trzeba docenić jego wkład w rozwój technologii pomiarowych w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW, w tym badań ciśnieniowych i DLTS. W zakresie badań ciśnieniowych współpracował on blisko z grupą profesora Michała Bajer.

Bardzo ważnym kierunkiem badań doktora Babińskiego były własności optyczne kropek kwantowych. Eksplorował on system samoorganizujących się kropek kwantowych typu InAs/GaAs, metodami spektroskopii i magnetospektroskopii. Do najczęściej cytowanych prac ze współautorstwem doktora Babińskiego dotyczących tej tematyki należą:

1. S. Raymond, S. Studenikin, A. Sachrajda, Z. Wasilewski, S. J. Cheng, W. Sheng, P. Hawrylak, A. Babinski, M. Potemski, G. Ortner, and M. Bayer „Excitonic Energy Shell Structure of Self-Assembled InGaAs/GaAs Quantum Dots”, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 187402 (2004) (około 111 cytowań).

2. G. Ortner, I. Yugova, G. Baldassarri Höger von Högersthal, A. Larionov, H. Kurtze, D. R. Yakovlev, M. Bayer, S. Fafard, Z. Wasilewski, P. Hawrylak, Y. B. Lyanda-Geller, T. L.

Reinecke, A. Babinski, M. Potemski, V. B. Timofeev, and A. Forchel, „Fine structure in the excitonic emission of InAs/GaAs quantum dot molecules”, *Phys. Rev. B* **71**, 125335 (2005) (około 51 cytowań).

3. Weidong Sheng and A. Babinski, „Zero g factors and nonzero orbital momenta in self-assembled quantum dots”, *Phys. Rev. B* **75**, 033316, (2007) (około 43 cytowań).

4. G. Ortner, I. Yugova, G. Baldassarri Höger von Högersthal, A. Larionov, H. Kurtze, D. R. Yakovlev, M. Bayer, S. Fafard, Z. Wasilewski, and P. Hawrylak, Y. B. Lyanda-Geller, T. L. Reinecke, A. Babiński, M. Potemski, V. B. Timofeev and A. Forchel, Fine structure in the excitonic emission of InAs/GaAs quantum dot molecules, *Physical Review B* **71**, 125335 (2005) - 40 cytowań.

Część z tych prac była efektem pobytu doktora Babińskiego w Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble we Francji (lata 2001-2004). Jak widać doktor Babiński wielokrotnie angażował się we współpracę międzynarodową, której efektem były wieloautorskie prace analizujące szczegółowo strukturę stanów elektronowych w kropkach kwantowych, a jego kunszt eksperymentalny w obszarze pomiarów magnetoptycznych stanowił cenny wkład w badania.

Prace dotyczące kropek kwantowych, opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych, w których dr Babiński jest pierwszym autorem to przede wszystkim:

1. A. Babiński, A. Wysmolek, T. Tomaszewicz, J. M. Baranowski, R. Leon, C. Lobo, and C. Jagadish, Electrically modulated photoluminescence in self-organized InGaAs/GaAs quantum dots, *Applied Physics Letters* **73**, 2811 (1998).

2. A. Babiński, G. Ortner, S. Raymond, M. Potemski, M. Bayer, W. Sheng, P. Hawrylak, Z. Wasilewski, S. Fafard, A. Forchel, Ground-state emission from a single InAs/GaAs quantum dot structure in ultrahigh magnetic fields, *Physical Review B* **74**, 075310 (2006) - 22 cytowania.

3. A. Babiński, M. Potemski, S. Raymond, J. Lapointe, and Z. Wasilewski, Fock-Darwin spectrum of a single InAs/GaAs quantum dot, *physica status solidi (c)* **3** 3748–3751 (2006) - 14 cytowań.

4. A. Babiński, M. Potemski, S. Raymond, J. Lapointe, and Z. Wasilewski, Emission from a highly excited single InAs-GaAs quantum dot in magnetic fields: An excitonic Fock-Darwin diagram, *Physical Review B* **74**, 155301 (2006) - 25 cytowań.

5. A. Babiński, J. Borysiuk, S. Kret, M. Czyż, A. Golnik, S. Raymond, and Z. R. Wasilewski, Natural quantum dots in the InAs/GaAs wetting layer, *Applied Physics Letters* **92**, 171104 (2008) - 21 cytowań.

Praca numer 5 należy już do dorobku po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego.

Doktor Babiński koncentruje się przede wszystkim na badaniu optycznych przejść w kropkach kwantowych InAs/GaAs, i ich analizie w modelu potencjału parabolicznego (stany Focka-Darwina) z uwzględnieniem efektów ekscytonowych i wieloekscytonowych oraz stanów wzbudzonych kropek (warunki wysokich obsadzeń).

Prace wymienione powyżej mają znakomitych współautorów; w tym dr Potemskiego z Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble oraz profesora Wasilewskiego (w tym czasie NRC, Kanada). Prace te zostały opublikowane w dobrych czasopismach i dość wysoko cytowane.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora habilitowanego pan Babiński, kontynuuje badania własności optycznych niskowymiarowych struktur $A_{III}-B_V$, ale wprowadza też nową dla siebie i ośrodka tematykę dwuwymiarowych związków półprzewodnikowych: MoS_2 i $MoTe_2$. Związki te w postaci cienkowarstwowej lub monowarstwowej są interesującą alternatywą dla grafenu, ze względu zarówno na własności optyczne (prosta przerwa) jak i transportowe.

Choć zainteresowanie tymi związkami jest stymulowane specyfiką ich struktury elektronowej, do lepszego zrozumienia fizyki tych związków potrzebna jest wiedza o dynamice sieci. Informacje o częstościach i dyspersjach fononów są podstawową informacją dla weryfikacji modeli teoretycznych tych związków gdyż weryfikują wielkość i symetrie oddziaływań między atomami. Do badania drgań sieci (fononów) w tych strukturach grupa doktora Babińskiego stosuje technikę rozpraszania Ramana i rezonansowego rozpraszania Ramana.

Najważniejsze prace w tym obszarze to:

K. Gołasa, M. Grzeszczyk, P. Leszczyński, C. Faugeras, A. A. L. Nicolet, A. Wysmołek, M. Potemski, and A. Babiński, Multiphonon resonant Raman scattering in MoS_2 , *Applied Physics Letters* 104, 092106 (2014) - 19 cytowań.

M. Grzeszczyk, K. Gołasa, M. Zinkiewicz, K. Nogajewski, R. Molas, M. Potemski, A. Wysmołek, and A. Babiński, Raman scattering in few-layer $MoTe_2$, *ArXiv* 1511.07184, zaakceptowana do publikacji w *2D Materials*.

Praca w *Applied Physics Letters* omawia szczegółowo rozpraszanie i rezonansowe rozpraszanie Ramana w objętościowym MoS_2 . Szereg nowo zaobserwowanych modów jest przypisanych kombinacjom fononów z brzegu strefy Brillouina. Praca ta na pewno jest jedną z podstawowych referencji w tym obszarze. Druga praca mająca się wkrótce ukazać w czasopiśmie *2D Materials*, poprzez analizę drgań sieci w cienkiej warstwie $MoTe_2$, daje możliwość uzyskania informacji o wewnątrz-warstwowych i między-warstwowych stałych elastycznych tego związku.

Należy podkreślić zasługi doktora Babińskiego we wprowadzeniu tej bardzo gorącej tematyki do warszawskiego środowiska półprzewodnikowego.

Życiorys naukowy doktora Babińskiego dowodzi jego zawodowej dojrzałości i umiejętności radzenia sobie z nowymi i trudnymi zagadnieniami. Widać, że po uzyskaniu habilitacji skupił on wokół siebie grupę młodych ludzi i potrafił ich zaangażować w atrakcyjną naukową tematykę. Moim zdaniem jest to podstawowa cecha potrzebna do pełnienia, w sensie społecznym, funkcji profesora, rozumianego jako nauczyciela i przewodnika następnych generacji uczonych.

Doświadczenie naukowe doktora Babińskiego w dziedzinie związków półprzewodnikowych wydaje mi się bardzo kompletne ze względu na to, że w swojej działalności badawczej śledził on wszystkie najważniejsze trendy badań, od defektów w kryształach objętościowych, poprzez systemy niskowymiarowe (głównie kropki kwantowe) do nowoczesnych, grafenopodobnych systemów mono-warstwowych lub „kilku-mono-warstwowych”.

Po uzyskaniu habilitacji doktor Babiński, opublikował 32 prace w czasopiśmie międzynarodowych. Należy podkreślić, że w tym okresie był 8-krotnie zapraszany do wygłoszenia referatów na konferencjach międzynarodowych. Od strony statystycznej, doktor Babiński jest autorem 107 publikacji, cytowanych 613 razy i posiada indeks Hirscha 13.

Doktor Babiński współpracował z wieloma wiodącymi grupami na świecie, w tym szczególnie z Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble i z grupą prof. C. Jagadisha z Canberry w Australii. Główne pobyty badawcze w tych laboratoriach to:

Electronic Materials Engineering Dept, Australian National University, Canberra, Australia, visiting scientist, 3 tygodnie, luty 2008.

- Institute for Microstructural Systems NRC Kanada, Ottawa, visiting scientist, 4 tygodnie, wrzesień 2008.

- Grenoble High Magnetic Field Laboratory, Grenoble, Francja, visiting scientists w ramach stypendium instytucjonalnego: Marie Curie Host Fellowships for Transfer of Knowledge (MTKD-CT-2005-029671) Semiconductor Materials for Information Technology, 3 miesiące czerwiec-lipiec 2007, lipiec 2009.

- Grenoble High Magnetic Field Laboratory, Grenoble, Francja, udział w eksperymentach finansowany przez UE w ramach projektu RITA-CT-2003-505474, 10 dni, lipiec 2008.

Dr Babiński był kierownikiem trzech dużych projektów badawczych i wykonawcą wielu innych. Widać, jego aktywność w inicjowaniu projektów badawczych i mobilizacji zespołów do ich skutecznej realizacji.

Należy również podkreślić, że polskie środowisko półprzewodnikowe uhonorowało go, przyznając mu kierowanie komitetem programowym konferencji „Jaszowiec 2014”, największej półprzewodnikowej konferencji rocznie organizowanej w Polsce. Jest to wyróżnienie przyznawane badaczom o istotnym wkładzie w rozwój polskiej fizyki półprzewodników.

Jedyną minusem opisywanego powyżej życiorysu naukowego doktora Babińskiego jest umiarkowana wysokość indeksu Hirscha. Jest on niższy niż mogłyby wskazywać wysoka z reguły ranga czasopism (sporo prac w czasopiśmie takich jak Phys. Rev. B, APL, JAP) i interesująca tematyka. Sądę, że wpłynął na to fakt opóźnienia polskich grup o rok lub dwa we włączaniu się w „gorące tematy” światowej fizyki.

Dorobek doktora Babińskiego po uzyskaniu habilitacji można uznać za znaczny, bardzo pozytywnie należy też ocenić rozwój nowej, dla ośrodka w którym pracuje, tematyki 2-wymiarowych materiałów typu MoS_2 i MoTe_2 .

Działalność edukacyjna, dydaktyczna i popularyzatorska

Doktor Babiński był promotorem pracy doktorskiej magistra Macieja Molasa „*Kompleksy wieloelektryonowe w półprzewodnikowych kropkach kwantowych*.” Stopień nadano w 2014 r., a obecnie jest promotorem magister Katarzyny Gołasy, pracującej nad rozprawą: „*Optyczne własności cienkich warstw dwusiarczku molibdenu (MoS_2)*.” – przewod otwarty Wydziale Fizyki UW.

Doktor Babiński był również opiekunem 4 prac magisterskich: Pani Marcelina Czyż (Spektroskopia optyczna pojedynczych kropek kwantowych, 2009), Maciej Molas, (Wpływ

warunków wzrostu na własności optyczne kropek kwantowych, 2010), Katarzyna Gołasa (Wpływ warunków wzrostu na własności optyczne kropek kwantowych, 2011), Magdalena Grzeszczyk, (Spektroskopia ramanowska materiałów warstwowych, 2015).

Doktor Babiński, w latach 2008-2016, systematycznie prowadził wykłady dla studentów Wydziału Fizyki UW. Dotyczyły one podstaw fizyki i uczestniczyło w nich ponad 100 studentów I roku studiów. Prowadził również w podobnym okresie czasu wykład specjalistyczny: „Fizyka nanostruktur półprzewodnikowych” dla studentów V roku studiów. Niezwykle wysoko należy ocenić wkład doktora Babińskiego w popularyzację fizyki. Trzeba tu wymienić:

- Wielokrotne popularyzatorskie wystąpienia w programach radiowych (między innymi Program Pierwszy, Program Trzeci, Talk fm),

- Wiele wykładów popularyzujących fizykę, o charakterze otwartym wygłoszonych na Wydziale Fizyki UW.

- Wykłady popularyzatorskie wygłaszane w szeregu szkół średnich w całej Polsce.

Tę część działalności doktora Babińskiego można uznać za wzorcową.

Podsumowując stwierdzam, że osiągnięcia pana dr hab. Adama Babińskiego spełniają wymagania stawiane w przewodzie habilitacyjnym (Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym z 14 marca 2003). Jego działalność naukowa, szczególnie w zakresie magnetoptyki kropek kwantowych i dynamik sieci kryształów dwuwymiarowych była istotnym wkładem w rozwój nauki polskiej i światowej. Doktor Babiński jest uznanym ekspertem w dziedzinie struktur niskowymiarowych i cenionym dydaktykiem. W moim przekonaniu, wszechstronnie pojęty dorobek dr Babińskiego spełnia wszelkie wymagania stawiane kandydatom do tytułu naukowego profesora.

Piotr Felin.