

## Recenzja dorobku dr. Barbary Piętki w związku z postępowaniem habilitacyjnym

dr hab. Piotr Deuar

*Instytut Fizyki PAN, Aleja Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

Osiągnięcie naukowe p.t. **Zjawiska koherentne w gazach polarytonów ekscytonowych w mikrownękach półprzewodnikowych** stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego składa się z dziesięciu publikacji z lat 2009-2017. Wszystkie mają charakter eksperymentalny, w dr Piętce w ważnej roli. Dzielą się naturalnie na dwie grupy pięciu artykułów o innym charakterze. Starsze pięć (H6-H10) opublikowane w latach 2009-2011 opisują badania w których dr Piętka uczestniczyła jako post-doc w znanej grupie badawczej w Lausanne pod dyrekcją prof. Benoit Deveaud. Nowsze pięć (H1-H5), natomiast, zostały opublikowane w latach 2015-2017 i opisują badania na Uniwersytecie warszawskim w których dr Piętka grała rolę głównego prowadzącego i pomysłodawcy.

### Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego

Jako pierwszą uwagę, należy wymienić, że od razu zwraca uwagę znakomity poziom czasopism w których badania były opublikowane. Osiem w czasopismach Physical Review, z czego aż cztery [H1,H8,H9,H10] w Physical Review Letters które jest powszechnie uznane za najlepsze i najbardziej pożądane czasopismo w dziedzinie fizyki. Ponadto mamy jeszcze Nature Physics z 2011 r. [H7]. Są to osiągnięcia niemałe, a ilość takich prominentnych publikacji wyklucza żeby to się stało jedynie "szczęśliwym trafem".

Każda z dziesięciu prac przedstawia treściwe, nowe, i rozróżnialne od siebie wyniki badań. Nie spotkamy tu niechlubnych "plasterków salami". Liczba cytowań, szczególnie tych prac z okresu post-doku, jest bardzo imponująca (118, 114, 71, 38, 22). W ogóle prac, wyniki eksperymentalne są przedstawione starannie i przystępnie, i zadbano o wysoką jakość porównania z dostępną teorią.

Znaczenie i istotne szczegóły pojedynczych prac stanowiących *osiągnięcie naukowe* zostały bardzo przystępnie i syntetycznie opisane w autoreferacie złożonym wraz z wnioskiem. Wysoki poziom autoreferatu świadczy o dogłębnym zrozumieniu tematu przez autora. Bardziej szczegółowo omówię dwie osobne grupy pięciu prac po kolei. . .

#### 1. *post-dok w EPFL – kwantowa dynamika polarytonów*

Dr Piętka nadzorowała tu pracę czterech doktorantów w ramach grupy prowadzonej przez PI Deveaud oraz, spodziewam się, także własnoręcznie działała przy eksperymencie. Badano kwantową dynamikę polarytonów, i wypuszczono całą serię pionierskich prac które odbiły się szerokim echem w dziedzinie, a nawet poza nią. Na przykład, spotkałem się z niektórymi z nich ([H7,H8]) w ramach moich własnych badań w pokrewnej lecz jednak oddzielnej dziedzinie ultra-zimnych gazów. Wszystkie wymienione prace ([H6-H10]) okazują się być na bardzo wysokim poziomie naukowym – generalnie topowy światowy poziom w tym temacie.

Prace te były wśród pierwszych które wykazały nadciężką i wielo-ciałową dynamikę kwantową w układach polarytonowych. Były także pionierskie pod tym względem, że obserwowano przestrzenną dynamikę w czasie rzeczywistym, taką jak powstawanie wirów [H7], czy ich trajektorie w krajobrazie energetycznym wykreowanym przez nieporządek [H8]. Z punktu widzenia innych dziedzin, układy polarytonowe dają bardzo ciekawe możliwości takie jak



- jednoczesny odczyt współrzędnych przestrzennych jak i pędowych,
- jednoczesny odczyt gęstości i fazy *in situ*, w pojedynczych realizacjach,
- układ stacjonarny lecz nierównowagowy.

Podobne pomiary nie są łatwo dostępne n.p. dla ultra-zimnych atomów czy ciekłego helu.

Jednocześnie, trzeba podkreślić, że uzyskanie systematycznych i dobrze widocznych wyników na temat dynamiki kondensatu polarytonowego jest wysoce nietrywialne. Czas dostępny dla obserwacji jest bardzo krótki, a rozmiar przestrzeni w której swobodna dynamika nadciekła ma miejsce jest mały. Jest on ograniczony z jednej strony wiązką laserową która wzbudza polarytony ale nie pozwala na swobodną ewolucję póki w niej się znajdują, a z drugiej strony szybkim rozpadem polarytonów – daleko nie polecą póki nie znikną. Tak więc wypatrzenie poszukiwanych efektów i ich systematyczna analiza wymagają dużych umiejętności i doświadczenia. Jakość przedstawienia wyników w pracach [H6-H10] wskazują, że habilitantka posiada te cechy pod dostatkiem.

Przytoczę (w wielkim skrócie) prace stanowiące *osiągnięcie* w kolejności chronologicznej z komentarzem:

- Praca [H10] odpowiedziała na pytanie jak szybko pojawia się koherencja fazy w kondensacie polarytonowym. Nie było to poprzednio znane, i zaczęło serię badań grupy w Lausanne dotyczących coraz to bardziej złożonych procesów dynamicznych. Praca ta zaczęła też zwyczaj włączania porównań z obliczeniami numerycznymi grupy Michela Wouters do artykułów dr Piętki. Obliczenia te wielokrotnie dawały imponującą zgodność z eksperymentem (jak na dynamikę polarytonów). Ten zwyczaj utrzymał się do końca serii pracy [H10-H6] i znacząco wzmacnia przedstawione tam argumenty i konkluzje.
- Praca [H9] przebadła szczegółowo efekt Josephsona w jego realizacji polarytonowej. Na szczególną uwagę w mojej opinii zasługuje Fig. 2, która daje przestrzenną informację na temat ruchu polarytonów.
- Praca [H8] podniosła poprzeczkę wyżej. Mamy tu analizę trajektorii pojedynczych spontanicznie powstających wzbudzeń (wirów) na podłożu zamrożonego nieporządku. Wymagało to dogłębną analizę drobnych ruchów, i jestem pod wrażeniem, że czytelne wyniki udało się uzyskać. Oraz że zdecydowano się na badanie takiego zjawiska już w 2011 r.
- Praca [H7] kontynuowała zgłębianie dynamiki wirów w obecności potencjału. Tym razem temat ruchu nadciekłego w okolicy przeszkody i powstawania wirów. Są to zagadnienia, które są interesujące także dla szerszych dziedzin nauki i ważne dla zrozumienia zjawiska turbulencji kwantowej. Jak widać po cytowaniach, (118 w bazie WoS) znalazły duże uznanie w środowisku.
- Praca [H6] była powrotem do tematu koherencji fazowej w układach polarytonowych, i wykazała jej niespodziewaną wytrzymałość na nieporządek. Praca opublikowana została już po przyjeździe dr Piętki an UW, ale na bazie wyników uzyskanych za czasu jej post-doka.

## 2. Grupa dr Piętki na UW - poszukiwanie nowych rodzajów układów polarytonowych

Druga seria artykułów w latach 2015-2017 dotyczy działalności prowadzonej i kierowanej własnoręcznie przez dr Piętkę, w Warszawie, w oparciu o pracę własnych studentów i różnych współpracowników z Polski i zagranicy. Prace te odzwierciedlają długoletnie działania dr Piętki aby uzyskać układy polarytonowe z bardziej rozwiniętą strukturą oddziaływań niż te standardowe.



Artykuły [H5-H3] dotyczą generacji spinorowych kondensatów polarytonowych, a [H2-H1] układów opartych o polarytony ze wzbudzonym ekscytonem które mogą mieć wzajemne oddziaływanie natury dipolowej. Po kolei...

- Praca [H5] pokazała obecność i widoczność efektu Zeemana w polarytonach na bazie półprzewodników rodzaju III-V. Jednakże, choć efekt jest obecny i potencjalnie mógłby doprowadzić do powstania układu spinorowego, wymagane pola magnetyczne okazały się zbyt wysokie by było to realistyczne. Poszukiwania trwały dalej.
- Praca [H4] wykazała możliwość wzmocnienia oddziaływania między polarytonami za pomocą sprzężenia kilku studni kwantowych. Z tego co wiem, nie są znane proste sposoby na zmianę oddziaływania polarytonów w stylu rezonansów Feshbacha w ultra-zimnych atomach. Ta praca wpisuje się w temat poszukiwania sposobu zmiany właściwości polarytonów.
- W pracy [H3] z 2017 r., dr Piętka powróciła do tematu wygenerowania polarytonów spinorowych, tym razem ze znacznie bardziej obiecującą strukturą zawierającą atomy magnezu. Tu efekt Zeemanowski jest znacznie wyraźniejszy i ślady rozszczepienia energetycznego polarytonów o innych wartościach kwazispinu są bardzo wyraźne. Wyniki przedstawione w Fig. 2 i Fig. 3 tej pracy są bardzo zachęcające. Spotkały się też już ze sporym odzewem - 6 cytowań w ciągu pierwszego roku po publikacji.
- Prace [H2] i [H1] dotyczą kolejnego tematu – tym razem polarytonów z wzbudzeniem ekscytynu – kwazicząstka o innych właściwościach niż standardowe górne i dolne polarytony. W pracy [H2], dr Piętka zaobserwowała sprzężenie między wzbudzonym stanem  $2s$  a standardowymi polarytonami.
- Praca [H1] kontynuuje tą tematykę, wykazując tym razem ciekawsze sprzężenie między standardowymi polarytonami, wzbudzonymi do  $2p$ , i jeszcze tera-Herzowymi fotonami. To jest ważny wynik, ponieważ spodziewa się, że te sprzężone obiekty będą oddziaływały dipolowo, co może prowadzić w dłuższym terminie do polarytonowego kondensatu *dipolowego*. Dla porównania, dipolowe kondensaty są źródłem wielu fascynujących i gorączkowo badanych zjawisk w fizyce ultra-zimnych gazów.

Te prace [H1-H5], choć o wiele słabiej cytowane i znane na świecie niż pierwsza piątka [H6-H10], są dla mnie nie mniej imponujące – bo świadczą o tzw. “*drive*” dr Piętki do posunięcia nauki do przodu, oraz o jej możliwościach nie tylko wykreowania świetnych pomysłów ale i wprowadzenia ich w życie. Na post-doku, choć dr Piętka była osobą która prowadziła codzienną pracę zespołu w laboratorium, to główne idee badań zapewne w dużej mierze pochodziły od szefa grupy. W ostatnich latach, natomiast, dr Piętka w zasadzie o własnych siłach systematycznie rozwija i draży bardzo ciekawy i rozwojowy temat. Opublikowanie ostatniej pracy z cyklu w Phys. Rev. Lett. [H1] jest oznaką nośności w dziedzinie tych tematów.

Mam małą krytyczną uwagę co do zadeklarowanego procentowego udziału Habilitantki w niektórych publikacjach, a w szczególności prace [H1,H2,H5], deklarujące 65%, 70%, i 70% udziału. Nie wygląda to zbyt wiarygodne w sytuacji kiedy występuje tam dodatkowych 14, 11, i 13 współautorów. Wskazywałoby to na średni pojedynczy wkład tych wszystkich pozostałych osób na poziomie 2-3%. Co oni wszyscy robili? Dla części tych współautorów mamy deklaracje które wskazują na prace eksperymentalne i teoretyczne które przyczyniły się do wyników, i jest wątpliwe by były to tak małe wkłady aby zasłużyć na 2-3%, nawet biorąc pod uwagę że część osób jest odpowiedzialna za produkcję próbek. Od sporej rzeszy współautorów nie ma w ogóle deklaracji (np. Bobrowska, Stephan, Teich, Winnerl, Pashkin, Lekenta, Schneider, Helm tylko w [H1]). Zdziwienie budzi szczególnie to, że studenci dr Piętki, Mateusz Król i Rafał Mirek, którzy są współautorami tych prac



i pracowali nad eksperymentem, też musieli – według deklaracji – mieć mały wkład, bo wiele nie zostaje po odjęciu 70%. Chciałbym jednak jasno zaznaczyć, że to jest sprawa względnie bardzo trywialna i nie wpływa na całokształt oceny osiągnięcia naukowego. Zważmy, że można też patrzeć na deklaracje procentowe w inny sposób: nie ulega wątpliwości, że gdyby nie pomysł i aktywne działanie dr Piętki który leżał u podstaw, te prace [H1,H2,H5] w ogóle by nie powstały.

### 3. Podsumowanie – osiągnięcie naukowe

W podsumowaniu, prace przedstawione w zestawie [H1-H10] opisują badania naukowe na najwyższym, pionierskim poziomie naukowym i uważam ten cykl prac za wzorowy i godny naśladowania. W sumie nie znalazłem żadnych istotnych uwag krytycznych co do jakości i wartości naukowych tych prac, a wiele pozytywnych.

### Inne osiągnięcia naukowo-badawcze

Pozostałe prace dr. Barbary Piętki są również na dobrym poziomie, choć w swoim ogóle bardziej robocze. Po doktoracie znajdujemy tu jeszcze dodatkowe 28 pozycji, w tym 9 Physical Review B oraz kolejne Nature Physics opublikowane tuż po doktoracie. Dotyczą one kilku rozmaitych dziedzin związanych z polarytonami oraz dwu-wymiarowym gazem elektronowym. Dr Piętka bada również te tematy dość obszernie – w każdej spójnej grupie tematycznej opublikowała wiele artykułów. Poza kilkoma wyjątkami pochodzącymi głównie z okresu post-doku w Lausanne, te prace były znacznie mniej cytowane niż te wchodzące w cykl [H1-H10]. Rozszerzają one za to zakres dziedzin w których habilitant jest ekspertem.

Od strony “bibliograficznej” całkowita liczba cytowań artykułów dr Piętki jest bardzo imponująca jak na ten etap jej kariery. Co więcej, autocytowania stanowią mniej niż 10% wszystkich cytowań. Jest to niezwykle mało – i bardzo pozytywne. Z 670 cytowań, 562 dotyczy badań prowadzonych w czasie post-doku w Lausanne. Trzeba jednak pamiętać, że działając samodzielnie jako młody naukowiec – bez promocji i funduszy napędzanych przez renomowanego PI – jest o wiele trudniej zdobyć rozgłos i cytowania. Kilka późniejszych prac dr Piętki także było już cytowanych kilkanaście, dwadzieścia-kilka razy co jest bardzo dobrym osiągnięciem.

Słynny indeks  $h$  publikacji dr Piętki wynosi 13, a więc wyraźnie wyżej od średnich wartości które można się spodziewać na etapie występowania o habilitację. Tzw. “sumaryczny impact factor” którego podanie jest formalnie wymagane uważam za bezsensowną liczbę, która nic istotnego nie przekazuje, więc nie będę jej oceniał.

### Działalność zawodowa i dydaktyczna

Dr Piętka ma duże doświadczenie na arenie międzynarodowej: najpierw polsko-francuski doktorat (wspólnie z Uniwersytetem w Grenoble), potem 3 lata bardzo owocnego post-doku w Szwajcarii w latach 2007-2010 podczas którego uczestniczyła w szeroko rozgłoszonych, pionierskich badaniach (prowadzących do 17 artykułów, cytowanych 562 razy). W ostatnich latach kontynuowała współpracę z byłą grupą (5 kolejnych artykułów w latach 2012, 2015, 2017). Jak widać po osiągnięciach naukowych i aktywną kontynuacją współpracy po powrocie do Polski, ten staż zagraniczny był bardzo owocny.

Dr Piętka uczestniczyła poza tym w wielu konferencjach międzynarodowych i pięć razy była zapraszany mówcą. Co istotne, czworo z tych zaproszonych wykładów miało miejsce od 2016 r. i dotyczyły badań prowadzonych już samodzielnie w Polsce. Prowadzi ona obszerną współpracę z



innymi naukowcami na UW (profesorowie Pacuski, Szczytko, Stępniewski, oraz osoby z ich grup) i szerzej w Polsce (grupa prof. Matuszewskiego z IF PAN, wiodącego teoretyka z tej dziedziny w Polsce).

Jeśli chodzi o działalność zawodową, jedyne co można by uznać jako nieco poniżej spodziewanego poziomu to jest mała liczba wykonanych dotychczas recenzji prac naukowych (w sumie siedem). Niemniej jest to dalej poziom godziwy, i sądząc po ostatnio rosnącej rozpoznawalności dr. Piętki w środowisku, nie wątpię że natłok recenzji wkrótce się zwiększy. Za to, brała udział ona w nadprzeciętnej liczbie zespołów oceniających projekty - przynajmniej cztery razy w NCN, poza tym była recenzentem projektu dla Israel Science Foundation.

Dr Piętka kierowała dotychczas trzema grantami badawczymi o istotnym rozmiarze - Sonata z NCN-u, Pomost z FNP, oraz od 2016 dużym grantem NCN-owskim Sonata Bis. Jest to generalnie ta ścieżka na którą się liczy u obiecującego i prężnego młodego badacza na tym etapie kariery, a nawet powiedziałbym trochę więcej niż można by się spodziewać. Widać, że *de facto* już od kilku lat jest samodzielnym naukowcem, a habilitacja zasłużenie to formalnie przypieczętuje. Z wymogów ustawy podano również, że habilitantka uczestniczyła także w kilku grantach jako "wykonawca". Przyznam, że nie rozumiem jakie znaczenie dla oceny dorobku może mieć uczestniczenie w grantach badawczych jako "wykonawca" w fizyce w obecnych czasach w Polsce. Mińmy to więc, i rozważmy dorobek dr Piętki dalej.

Ważnym elementem działalności dr Piętki jest opieka naukowa nad młodszymi badaczami. Tu ma wyróżniające osiągnięcia jak na osobę na jej etapie kariery - jest opiekunem naukowym dwóch doktorantów od kilku lat, a także przedtem sprawowała pieczę nad czwórką doktorantów w Lausanne. Pod tym względem ma świetne przygotowanie na dalsze samodzielne kierowanie grupą badawczą. Dr Piętka prowadziła także pewną działalność dydaktyczną i popularyzatorską.

Po powrocie do Polski, dr Barbara Piętka stała się jednym z głównych reprezentatników dziedziny polarytonów w Polsce, a pod względem dynamiki i kondensacji polarytonów jest wiodącym eksperymentalnym ekspertem w kraju. Obecnie prowadzi grupę studentów skupioną wokół jej przywództwa, oraz rozwija swoją własną małą lecz wyrazistą działkę na arenie międzynarodowej.

### Podsumowanie

Nie mam wątpliwości, że wniosek o nadanie dr. Barbarze Piętce stopnia doktora habilitowanego jest bardzo dobrze uzasadniony według wszystkich kryteriów oceny. Wnoszę o jego przyjęcie przez komisję habilitacyjną i Radę Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Warszawa, 30.11.2018



Piotr Deuar