

dr hab. Emilia Witkowska
Instytut Fizyki PAN
Oddział Fizyki Teoretycznej
Aleja Lotników 32/46
Warszawa

Warszawa, dn. 11 marca 2024 roku

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku Pana dr Macieja Pieczarki w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych

Sylwetka kandydata

Pan Maciej Pieczarka studia magisterskie z fizyki technicznej ukończył na Politechnice Wrocławskiej w roku 2013 w zakresie optycznych badań doświadczalnych polarytonów ekscytonowych. W tej samej uczelni i pod opieką tego samego promotora profesora Grzegorza Sęka w roku 2017 obronił doktorat z wyróżnieniem na temat kondensatów polarytonów ekscytonowych w półprzewodnikowych mikrownękach optycznych z wbudowanym nieporządkiem. Już podczas studiów I-go i II-go stopnia, wykazywał się znaczącą aktywnością naukową realizując półroczny staż w grupie prof. Reitzensteina na Uniwersytecie w Würzburgu w 2012 roku, a następnie w grupie prof. Höflinga w 2013 roku. Oba dotyczyły nauki i doskonalenia technik doświadczalnych w fizyce laserów oraz próbek studni kwantowych projektowanych dla urządzeń działających na bazie kondensatów polarytonów ekscytonowych. Techniki te zostały później zastosowane i rozwinięte podczas pracy nad doktoratem, gdzie wykazał się niezwykłą samodzielnością w planowaniu i przeprowadzaniu doświadczeń.

Po uzyskaniu stopnia doktora habilitant nawiązał kontakt z grupą prof. Eleny Ostrovskaya z Australian National University. Współpraca z grupą z Australii okazała się być bardzo owocna, zarówno pod względem naukowym, o czy świadczą wyniki doświadczeń, jak również pod względem nawiązania współpracy z innymi naukowcami z Australii i Singapuru. Trzeba zaznaczyć, że przez cały okres stażu podoktorskiego habilitant utrzymywał ścisły kontakt z macierzystą uczelnią. Zaangażował się w organizację stażu naukowego dla doktorantki. Zainicjował partnerstwo pomiędzy centrum doskonałości ARC FLEET i Politechniką Wrocławską, które trwa do dziś.

Warto dodać, że poszczególne etapy kariery habilitanta zostały wspierane przez prestiżowe granty i stypendia, przykładowo Diamentowy Grant Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na lata 2013-2015, stypendium START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej w 2020, czy też trzyletnie stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców w 2021.

Obecnie, dr Maciej Pieczarka pracuje w Katedrze Fizyki Doświadczalnej Politechniki Wrocławskiej, gdzie prowadzi zajęcia dydaktyczne oraz prace naukowe w ramach grantu NCN, którego jest kierownikiem. Aktywnie współpracuje z grupą z Australii i Würzburga. Nawiązuje współpracę z krajowymi teoretykami. Wyniki prac naukowych habilitanta, zostały docenione w środowisku naukowym. W chwili pisania niniejszej recenzji całkowita liczba cytowań według Google Scholar wynosiła 543 a indeks h 13. Są to bardzo dobre wskaźniki na tym etapie kariery akademickiej

Osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego

Na cykl habilitacyjny składa się siedem prac opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych Nature Communications, Physical Review Letters, Optica, Physical Review B, oraz Optics Express. Według deklaracji habilitanta, popartych deklaracjami współautorów, jego wkład do powstania wyników naukowych cyklu publikacji jest znaczący, a w niektórych przypadkach dominujący.

Poza cyklem habilitacyjnym znajduje się dziewięć innych artykułów ściśle związanych z tematyką kondensacji polarytonów ekscytonowych. W zasadzie, mogłyby one zostać włączone do cyklu habilitacyjnego biorąc pod uwagę jego tematykę i metodykę badań. Świadczy to o systematycznej pracy habilitanta nad dogłębnym zrozumieniem różnych aspektów fizyki polarytonów ekscytonowych. Tym bardziej umieszczone w tym kontekście osiągnięcie naukowe stanowi spójny cykl artykułów naukowych. Pomimo, że tematyka cyklu prac osiągnięcia jest związana z tematyką pracy doktorskiej, widać w niej samodzielność habilitanta w pracy badawczej, nawiązywaniu i rozwijaniu współpracy z zagranicznymi ośrodkami, jak również, zaangażowaniu studentów do pracy nad ważnymi i ciekawymi zagadnieniami.

Cykl zaprezentowanych artykułów przedstawia badania doświadczalne własności kondensatów polarytonów ekscytonowych. Znacząca część badań dotyczy pomiaru widma oraz obsadzeń wzbudzeń kondensatu w różnych reżimach parametrów. Dodatkowo, habilitant zbadał również właściwości hydrodynamiczne kondensatu, przejścia z kondensacji do laserowania fotonowego oraz realizację topologicznego przejścia fazowego w łańcuchach Su-Schrieffer-Heegera (SSH).

Motywacją prac doświadczalnych dotyczących widma wzbudzeń były kontrowersje na temat wartości oddziaływania kontaktowego polaryton-polaryton. W szczególności, wyniki pomiaru stałej oddziaływania dla GaAs, które sugerowały, że kondensat tworzą silnie oddziałujące gazy bozonowe co było sprzeczne z obowiązującą wiedzą i praktyką. Habilitant podjął się zadania niezależnej weryfikacji wyników doświadczalnych co doprowadziło do głębszego zrozumienia fizyki widma wzbudzeń kondensatów polarytonów ekscytonowych opisanych w następujących pracach osiągnięcia [H1], [H2], [H6], oraz [H4].

W pracy [H1] habilitant wykonał serię pomiarów i odkrył szereg błędów koncepcyjnych i interpretacyjnych, których dokonali autorzy kontrowersyjnej publikacji. Prace zapoczątkował

podczas stażu w Australian National University, jeszcze przed stażem podoktorskim. Wyniki pomiarów przesunięć spektralnych stanu $k=0$, oraz następnie ich uważna analiza w konsultacji z autorami kontrowersyjnych wyników, wykazały dobitnie, że optycznie uwięzione polarytony w warunkach niskiej gęstości są słabo oddziałującymi cząstkami. W kolejnych pracach [H2] i [H6], habilitant podjął się pomiaru widma wzbudzeń, i ich obsadzeń, wynikających z teorii Bogoliubowa. Wyniki pomiarów wskazywały na nowy efekt w zakresie dużych gęstości kondensatu i wektorów falowych. We współpracy z grupą teoretyków z Uniwersytetu Monash w Melbourne, efekt ten został ilościowo opisany, a następnie zmierzono widma wzbudzeń i obsadzeń kwazicząstek Bogoliubowa. Pośrednio została też zmierzona stała oddziaływania g. Naturalną kontynuacją badań był pomiar widma wzbudzeń kolektywnych spinorowego kondensatu polarytonowego [H4]. Tym razem, wraz z doktorantką, dokonał pomiaru dwóch gałęzi widma wzbudzeń i, pośrednio, odpowiednio stałych oddziaływania polaryton-polaryton. Istotnym dodatkowym wynikiem tego eksperymentu jest potwierdzenie istnienia pola cechowania, zgodnie z wcześniejszymi przewidywaniami teoretycznymi.

Innym zagadnieniem zbadanym przez habilitanta w pracy [H3] była hydrodynamika kondensatu polarytonowego wzbudzanego w sposób nierezonansowy. Były to pierwsze eksperymenty tego typu raportowane w literaturze. Poprzez odpowiednią analizę przebiegów dynamicznych możliwe było wyodrębnienie dwóch dominujących modów: dipolowego oraz tzw. oddychającego. Uzyskane częstości zgodziły się z symulacjami numerycznymi równania Gross-Pitaevskiego oraz przewidywaniami teorii hydrodynamiki gazu bozonowego.

Istotnym wynikiem, w świetle obecnych badań, jest realizacja topologicznego przejścia fazowego w łańcuchach typu SSH. Habilitant zaprojektował, a następnie zrealizował, model łańcucha sprzężonych kondensatów polarytonów ekscytonowych poprzez nowatorski sposób wzbudzania laserowego. Pozwoliło to na doświadczalną obserwację modów brzegowych, zlokalizowanych na ostatnich węzłach sieci. Co ciekawe, możliwe były dynamiczne zmiany odległości pomiędzy środkami pułapek w sposób ciągły i w konsekwencji monitorowanie, kiedy to model SSH przechodzi z topologicznie trywialnego w nietrywialny.

Ostatnia praca [H7] należąca do cyklu osiągnięcia dotyczy obserwacji dwóch krytycznych mocy progowych, powyżej których zaistniały nieliniowe narosty intensywności emisji fotonów z próbki. Pierwszy próg został zidentyfikowany jako kondensacja polarytonowa a drugi jako przejście do laserowania fotonowego. Wyniki te, ponownie uzyskane wraz z doktorantką, stanowią początek nowych badań rozwijanych obecnie przez habilitanta na Politechnice Wrocławskiej, a finansowanych z projektu Sonata NCN.

We wszystkich opisanych powyżej pracach badawczych habilitant wykazał się pomysłowością i biegłością w rozwijaniu nowych technik eksperymentalnych w zależności od potrzeb rozważanego zadania. Przykładowo, metoda filtrowania przestrzennego filtrem krawędziowym w przestrzeni pędów, czy też technika zmiennego potencjału optycznego do wytworzenia sieci

kondensatów polarytonowych w celu badań topologicznych przejść fazowych. Nowatorskie techniki i rzetelne podejście badawcze pozwoliły na przeprowadzenie pionierskich badań. Otrzymane wyniki otworzyły nowe możliwości i kierunki badań, które będą z pewnością rozwijane przez habilitanta podczas jego prac we Wrocławiu.

Warto dodać, że znacząca część osiągnięcia stanowi obecnie podstawę zrozumienia właściwości kondensacji polarytonów, a niektóre z nich są kamieniem milowym fizyki polarytonów wykorzystującej sztuczne pola cechowania, lub realizacji nietrywialnych topologicznie modeli.

Ocena pozostałej działalności naukowej

Prace badawcze pana Macieja Pieczarki, pozostające poza cyklem, a opublikowane po doktoracie, zachowują charakterystyczny dla habilitanta, wysoki standard i zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach, np. Physical Review Letters, Science Advances czy też Nature Communications.

Zwraca uwagę dorobek pana Macieja Pieczarki wyrażony w zaproszeniach do wygłoszenia licznych wykładów na międzynarodowych i krajowych konferencjach, oraz seminariach. Regularność tego typu zaproszeń świadczy o znaczącym zainteresowaniu i wpływie badań prowadzonych przez habilitanta na uprawianą przez niego dziedzinę naukową.

W ramach działalności dydaktycznej habilitant przygotował i poprowadził podstawowe kursy dla studentów w ramach Laboratorium Podstaw Fizyki, z Epitaksjalnych Struktur Niskowymiarowych i komputerowych podstaw Analizy Danych, oraz ćwiczeń z Fizyki, w wymiarze około 30 godzin na semestr. Prowadził również specjalistyczny wykład monograficzny o kwantowych cieczach światła i materii w wymiarze 30 godzin na semestr. Pełnił wielokrotnie funkcję promotora prac magisterskich i inżynierskich. Jest promotorem pomocniczym doktorantki, pani Dąbrówki Biegańskiej, z którą ma już szereg wspólnych publikacji. Warto dodać, że habilitant prowadzi znaczącą działalność popularyzatorską.

Pan Maciej Pieczarka posiada pewne doświadczenie w działaniach organizacyjnych jako członek Rady Wydziału, komisji programowej kierunku Fizyka Techniczna oraz Komitetu Edukacji i Szkoleń Australijskiego Centrum Doskonałości. Współorganizował konferencje o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Zauważyć należy działalność recenzencką, dotyczącą zarówno grantów jak i artykułów dla bardzo dobrych czasopism, przykładowo dla Physical Review Letters oraz Physical Review A i B.

W mojej ocenie, wyżej opisana działalność jest znacząca i w zakresie rzadko spotykanym na tym etapie kariery akademickiej. Z nawiązką spełnia zwyczajowe i ustawowe wymagania dotyczące habilitacji.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy wniosku pana Macieja Pieczarki o nadanie stopnia doktora habilitowanego, której najważniejsze wyniki przedstawiłam w niniejszej recenzji, stwierdzam, że spełnia on warunki określone Ustawą o stopniach i tytule naukowym.

Z przyjemnością wnoszę o przyjęcie tej rozprawy i dopuszczenie dr Macieja Pieczarki do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Warszawa, 11.03.2024 r.

dr hab. Emilia Witkowska, prof. IF PAN