

Prof. dr. hab. Piotr Perlin
Instytut Wysokich Ciśnień PAN
Sokołowska 29/37, 0-142 Warszawa

RECENZJA ROZPRAWY HABILITACYJNEJ

doktora Tomasza Kazimierczuka zatytułowanej, "**Optyczne badania ciemnych („szarych”) ekscytonów w półprzewodnikach o różnej wymiarowości.**"

UWAGI OGÓLNE

Rozprawa habilitacyjna dr Tomasza Kazimierczuka, zatytułowana "Optyczne badania ciemnych („szarych”) ekscytonów w półprzewodnikach o różnej wymiarowości." została wykonana na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Część wyników pochodzi wykorzystanych w rozprawie pochodzi ze stażu podoktorskiego odbytego przez kandydata na Politechnice w Dortmundzie w latach 2012-2014. Rozprawa oparta jest na 8 artykułach opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych i obejmuje następujące części:

1. Autoreferat dr Tomasza Kazimierczuka przedstawiający dorobek naukowy oraz osiągnięcia merytoryczne.
2. Oświadczenie współautorów publikacji o ich wkładzie w przedstawione prace.

Dr Tomasz Kazimierczuk ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 2007 roku. W roku 2009 ukończył również studia licencjackie na Wydziale Matematyki i informatyki UW. Tytuł doktora nauk fizycznych uzyskał w roku 2012 na tej samej uczelni przedstawiając rozprawę: "Mechanizmy wzbudzenia i relaksacji w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe."

Dr Tomasz Kazimierczuk w latach 2012-2014 odbył staż podoktorski na Politechnice Dortmundzkiej (Niemcy). W latach 2014-2017 był zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki UW. Od 2019 jest adiunktem na Uniwersytecie Warszawskim.

OPIS OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Przedstawiony przez dr Tomasza Kazimierczuka zestaw prac składa się z ośmiu pozycji:

1. TK1. **Kazimierczuk, T.**, Fröhlich, D., Scheel, S. *et al.* Giant Rydberg excitons in the copper oxide Cu₂O. *Nature* **514**, 343–347 (2014).
2. TK2. J. Thewes, J. Heckötter, **T. Kazimierczuk**, M. Aßmann, D. Fröhlich, M. Bayer, M. A. Semina, and M. M. Glazov Observation of High Angular Momentum Excitons in Cuprous Oxide, *Phys. Rev. Lett.* 115, 027402 –(2015).
3. TK3. T. Smoleński, **T. Kazimierczuk**, M. Goryca, T. Jakubczyk, Ł. Kłopotowski, Ł. Cywiński, P. Wojnar, A. Golnik, and P. Kossacki "In-plane radiative recombination channel of a dark exciton in self-assembled quantum dots" *Phys. Rev. B* **86**, 241305(R) (2012).

4. TK4. T. Smoleński, M. Koperski, M. Goryca, P. Wojnar, P. Kossacki, and **T. Kazimierczuk**, “Optical study of a doubly negatively charged exciton in a CdTe/ZnTe quantum dot containing a single Mn²⁺”, Phys. Rev. B 92, 085415 – (2015).
5. TK5. T. Smoleński, M. Goryca, M. Koperski, C. Faugeras, **T. Kazimierczuk**, A. Bogucki, K. Nogajewski, P. Kossacki, and M. Potemski, „Tuning Valley Polarization in a WSe2 Monolayer with a Tiny Magnetic Field”, Phys. Rev. X 6, 021024 (2016).
6. TK6. T Smoleński, **T Kazimierczuk**, M Goryca, M R Molas, K Nogajewski, C Faugeras, M Potemski and P Kossacki “Magnetic field induced polarization enhancement in monolayers of tungsten dichalcogenides: effects of temperature” *2D Mater.* **5** 015023 (2018).
7. TK7. Probing and Manipulating Valley Coherence of Dark Excitons in Monolayer WSe2 MR Molas, AO Slobodeniuk, **T Kazimierczuk**, K Nogajewski, M Bartos, P Kapuściński, K Oreszczuk, K Watanabe, T Taniguchi, C Faugeras, P Kossacki, DM Basko, M Potemski, Phys. Rev. Lett. 123, 096803 (2019).
8. TK8. M Zinkiewicz, AO Slobodeniuk, **T Kazimierczuk**, P Kapuściński, K Oreszczuk, M Grzeszczyk, M Bartos, K Nogajewski, K Watanabe, T Taniguchi, Clément Faugeras, P Kossacki, M Potemski, A Babiński, MR Molas, “Neutral and charged dark excitons in monolayer WS2”, *Nanoscale*, 12, 18153-18159 (2020).

Powyższe prace zostały opublikowane w następujących czasopismach:

- Nature – 1 praca (IF=42),
- Physical Review Letters – 2 prace (IF=9),
- Physical Review B – 2 prace (IF=4),
- Physical Review X – 1 praca (IF=15,7),
- 2D Matter – 1praca (IF=7),
- Nanoscale – 1 praca (IF=7,9).

Dr Tomasz Kazimierczuk jest pierwszym autorem jednej z ośmiu wyżej wymienionych prac (Nature), przedstawionych w dyskutowanej rozprawie. Wszystkie, bez wyjątku, prace zostały opublikowane w znakomitych, opiniotwórczych czasopismach o współczynniku wpływu od 4 do 40. Opublikowanie pracy w Nature, z pierwszym autorstwem jest znaczącym osiągnięciem kandydata.

Publikacje TK1 i TK2

dotyczą badań silnie wzbudzonych ekscytonów w półprzewodniku Cu₂O. Autorzy chcieli wykorzystać silne wiązanie ekscytonów w Cu₂O (ok. 100 meV) do zbadania silnie wzbudzonych stanów ekscytonowych, odpowiadających koncepcji atomu Rydberga. Eksperymentalnie pokazano przejścia optyczne odpowiadające głównej liczbie kwantowej 25, co jest rekordową obserwacją w ciałach stałych. Praca analizuje trendy związane z główną liczbą kwantową - w tym szerokość linii spektralnej i siłę oscylatora dla danego przejścia. Praca TK2 zwraca szczególną uwagę na stany z wysokim momentem pędu i ich mieszanie się z innymi stanami.

Obie prace są wysoko cytowane (ponad 200 cytowań dla TK1).

Publikacje TK3 i TK4

raportują badania własności ekscytonów w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe, ze szczególnym uwzględnieniem mechanizmów rekombinacji ekscytonów ciemnych. Jak się okazuje domieszka stanów lekko-dziurowych umożliwia rekombinację promienistą ekscytonów ciemnych, acz związana z nimi emisja fotonów zachodzi w kierunku równoległym do interfejsów heterostruktury.

Opisywane prace mogą mieć znaczenie dla lepszego zrozumienia ekscytonów ciemnych w kontekście ich wykorzystania np. jako qbity (długi czas życia).

Publikacje TK5, TK6, TK7 i TK8

dotyczą badań ekscytonów w dwuwymiarowych strukturach dichalkogenków wolframu. Systemy te charakteryzują się istnieniem nierównoważnych dolin, w których elektrony posiadają konkretną polaryzację spinową. Stanem podstawowym ekscytonów jest stan ciemny.

Autorzy przeprowadzili eksperymenty zasadzające się na obsadzaniu stanów dolinowych poprzez ekscytacje elektronów światłem o polaryzacji kołowej. Jednym z istotnych parametrów eksperymentów było badanie polaryzacji obserwowanej fotoluminescencji. Użycie pola magnetycznego pozwala na kontrolę zarówno czasu życia ekscytonów ciemnych jak i kontrolę mieszania się stanów ciemnych i jasnych.

OCENA AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Dorobek naukowy

Dr Tomasz Kazimierczuk jest autorem 84 prac opublikowanych w czasopismach międzynarodowych i materiałach konferencyjnych. Ich indeks cytowań jest na poziomie 1200 (bez autocytoowań), a indeks Hirscha wynosi 18-21 (zależnie od bazy danych).

Są to świetne wyniki dla naukowca przed habilitacją. Należy zwrócić uwagę na to, że dr Kazimierczuk publikuje w znakomitych czasopismach (Nature, Physical Review Letters, Physical Review X etc.). Patrząc całościowo dorobek naukowy można uznać za doskonały.

Aktywność w życiu naukowym, osiągnięcia dydaktyczne i w upowszechnianiu nauki

Dr Kazimierczuk, po uzyskaniu stopnia doktora, był kierownikiem trzech projektów badawczych (między innymi OPUS NCN).

W okresie ostatnich pięciu lat trzy razy wygłaszał zaproszone referaty na konferencjach. Nie były to jednak, jak sędzę wiodące konferencje dla tego obszaru badań.

W tym samym przedziale czasowym 7 razy prezentował swoje wyniki na konferencjach międzynarodowych (co jest wynikiem średnim).

Współorganizował (był przewodniczącym) międzynarodowych warsztatów „Optical Properties of 2D Materials”.

Dr. Kazimierczuk był opiekunem pracy licencjackiej pana Aleksandra Rodka i pracy magisterskiej pana Piotra Starzyka. Jest również promotorem pomocniczym doktoratów pana Aleksandra Rodka i pana Aleksandra Boguckiego.

Prowadził również intensywną działalność dydaktyczną zarówno w obszarze fizyki jak i informatyki.

Uczestniczył w opracowaniu koncepcji wykładu „Technologie cyfrowe i programowanie”. Prowadził wiele ćwiczeń i wykład z fizyki materii skondensowanej.

Od strony rozwoju potencjału badawczego dr Kazimierczuk uczestniczył w rozwoju badań spektralnych przy pomocy kamery smugowej w trybie zliczania fotonów.

Ważnym etapem rozwoju kariery naukowej dr Kazimierczuka był jego dwuletni staż po-doktorancki na Politechnice w Dortmund, w grupie prof. Manfreda Bayera, gdzie powstały jego dwie główne prace (TK1 i TK2).

Istotnym rysem działalności kandydata jest jego zaangażowanie w pracach Głównego Komitetu Olimpiady Fizycznej – działalności o wielkiej wadze dla rozwoju badań fizycznych w Polsce.

OCENA ROZPRAWY I DOROBKU NAUKOWEGO DR TOMASZA KAZIMIERCZUKA

Osiem publikacji tworzących dzieło przedstawione przez dr Kazimierczuka do oceny, stanowi zespół spójnych tematycznie prac, opublikowanych w znakomitych czasopismach. Prace te dotyczą klasycznej tematyki ekscytonów w systemach jedno-dwu i trójwymiarowych. Choć tematyka jest klasyczna, to struktury niskowymiarowe są zaawansowane i szeroko badane, natomiast system trójwymiarowy eksploatowany jest od strony ultra-wysokich stanów wodoropodonych prace (KT1 i KT2). Szczególnie praca KT1 opublikowana w Nature, przedstawia na swój sposób rekordowe wyniki i ma duży oddźwięk w społeczności międzynarodowej, który odzwierciedla się w ilości cytowani – ponad 250 razy.

Od strony bibliometrycznej dorobek habilitanta jest więcej niż dobry (Hirsch w okolicy 20). Działalność dydaktyczna i popularyzatorska jest bez zarzutu.

Jedynym problemem (jednak dość poważnym) jaki dostrzegam w tej pracy, jest trudny do określenia udział dr Kazimierczuka w części opisanych badań. Niestety dr Kazimierczuk jest pierwszym autorem tylko jednej, choć najbardziej wyróżniającej się pracy. Jest to bardzo nietypowa sytuacja, gdyż habilitacja jest momentem do zaprezentowania swojej naukowej dojrzałości i samodzielności oraz inicjatywy badawczej. W konsekwencji większość kandydatów do tytułu doktora habilitowanego przedstawia głównie publikacje w których są pierwszymi autorami.

Fakt bycia pierwszym autorem (poza przypadkami doktorantów) daje, na ogół, gwarancje, że osoba ta miała inicjatywę naukową i jej rola została uznana przez innych współautorów. O ile nie mam wątpliwości co do pracy opublikowanej w Nature (TK1) i jej rozwinięcia w Physical Review Letters (TK2), to w pozostałych przypadkach czytelnik może mieć poważne wątpliwości jak duża była rola habilitanta w opisanych badaniach.

Dla przykładu przeanalizujmy pracę TK3: T. Smoleński, T. **Kazimierczuk**, M. Goryca, T. Jakubczyk, Ł. Kłopotowski, Ł. Cywiński, P. Wojnar, A. Golnik, and P. Kossacki “In-plane radiative recombination channel of a dark exciton in self-assembled quantum dots” Phys. Rev. B **86**, 241305(R) (2012). Jak widać praca jest wielo-autorska. Pierwszym autorem jest pan Smoleński, w tym czasie student studiów doktoranckich. Autorami jest też pan prof. Piotr Kossacki jego promotor i pan dr Mateusz Goryca, który był ko-promotorem pana Smoleńskiego. Pan Tomasz Smoleński oświadcza że:

“ Dr Kazimierczuk supervised my work as well as actively participated in development of the theoretical model, analysis of the experimental data, discussions and preparation of the manuscript.”

Oświadczenie to może trochę dziwić, gdyż można zakładać, że to prof. Kossacki i ko-promotor Mateusz Goryca odpowiedzialni byli za nadzór nad pracami doktoranta.

Oświadczenia dr Kazimierczuka, dotyczące jego roli w pracach, w których pierwszym autorem był pan Tomasz Smoleński są niestety zdawkowe. Np.:

“I supervised experimental work of PhD student Tomasz Smoleński, who played a leading role in this project. I actively participated in analysis of the experimental data, discussions and preparation of the manuscript.”

Podobne sytuacje spotykamy we wszystkich pracach sygnowanych przez pana Tomasza Smoleńskiego.

Niestety autoreferat nie wyjaśnia tych kwestii. W przeciwieństwie do większości autoreferatów, z którymi miałem się okazję zapoznać, ten nie opisuje drogi naukowej dr Kazimierczuka. Ma on charakter monografii optycznej spektroskopii ekscytonów w różnych systemach półprzewodnikowych. Nie wskazuje, jakie umiejętności badawcze, umiejscowiły habilitanta wśród współautorów tych prac. Czy był ich pomysłodawcą, czy na przykład jest tylko świetnym informatykiem lub rewelacyjnie obsługuje kriostat?

Są to ważne kwestie, gdyż habilitacja ocenia zdolność i dojrzałość kandydata do samodzielnej pracy badawczej i tworzenia zespołu badawczego.

Moją intencją nie jest negocjowanie dorobku dr Tomasza Kazimierczuka. Wierzę, że jest świetnym i twórczym naukowcem, ale jestem rozczarowany sposobem przedstawienia kwestii jego dorobku.

Mimo wszystkich moich wątpliwości, dwie pierwsze prace TK1 i TK2 (Nature i PRL) są wystarczająco wybitne by uzasadnić przyznanie dr Tomaszowi Kazimierczukowi stopnia doktora habilitowanego.

PODSUMOWANIE

Dr Tomasz Kazimierczuk, jest młodym naukowcem o niewątpliwie błyskotliwym dorobku. Jego praca "Giant Rydberg excitons in the copper oxide Cu_2O " opublikowana w Nature jest jego dużym i oryginalnym wkładem do fizyki ciała stałego i półprzewodników. Praca ta cytowana ponad 250 razy, została niewątpliwie zauważona przez środowisko.

Dr Tomasz Kazimierczuk, wydaje się być nie tylko świetnym eksperymentatorem, ale posiada też znakomite wykształcenie i wyszkolenie w fizyce teoretycznej.

Podsumowując, uważam, że dorobek habilitacyjny dr Tomasza Kazimierczuka spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i wnoszę o dopuszczenie kandydata do dalszych etapów habilitacji.

Piotr Fowlin.

Warszawa, dnia 29 sierpnia 2021 roku