



Prof. dr hab. inż. Grzegorz Sęk

Wrocław, 12.07.2021 r.

**Ocena osiągnięć naukowych i dorobku naukowego
dr. Tomasza Kazimierczuka
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Pan dr Tomasz Kazimierczuk jako swoje osiągnięcie habilitacyjne przedstawił cykl ośmiu, powiązanych tematycznie publikacji, dotyczących badania tzw. ciemnych stanów ekscytonowych w półprzewodnikach o różnej wymiarowości. Na początku swego referatu Autor precyzuje, że *de facto* ma na myśli badanie stanów „szarych” czyli nie o idealnie zerowej sile oscylatora, co pozwala badać je metodami spektroskopii optycznej, która to jest głównym narzędziem badawczym habilitanta.

Pierwsze dwa artykuły cyklu (TK1 i TK2) dotyczą ekscytonów w objętościowym kryształach tlenku miedzi (I), Cu_2O . Materiał ten został wybrany, gdyż ma wiele cech odróżniających go znacząco od większości znanych półprzewodników, jak chociażby bardzo wysoka jakość kryształów pozyskiwanych z natury (lepsza niż tych wzrastanych w laboratorium) oraz duża energia wiązania ekscytonu (ok. 90 meV). Cechą charakterystyczną tego półprzewodnika jest też nietypowa struktura pasmowa - stany najniższego pasma przewodnictwa i najwyższego walencyjnego mają tę samą parzystość, co czyni przejścia dipolowe zabronionymi. Jednak ekscytony o funkcji obwiedni typu „p” (odpowiadające $l = 1$ ruchu względnego elektronu i dziury) mają już skończoną siłę oscylatora i mogą być obserwowane eksperymentalnie. Jest to tzw. żółta seria linii widmowych (ze względu położenie spektralne tych linii) i badaniom absorpcji w tym obszarze poświęcona jest w pracy TK1. Jest to w pewnym sensie reaktywacja tematu podejmowanego w literaturze już wcześniej, jednak pokazująca znaczny postęp w stosunku do jakichkolwiek innych doniesień, zarówno w sensie dokładności eksperymentalnej jak i opisu zachodzących zjawisk i wyjaśnienia nietypowych obserwacji. Głównym, a przynajmniej najczęściej chyba cytowanym wynikiem tej pracy jest zaobserwowanie w widmach absorpcji stanów ekscytonu aż do wartości głównej liczby kwantowej $n = 25$, co zaś odpowiada średnicy ekscytonu wynoszącej ponad 2 μm (kilkadziesiąt razy więcej niż charakterystyczna długość fali absorbowanego promieniowania). Samo to czyni badany przypadek nietypowym i prowadzi w konsekwencji, dla tak „dużych” ekscytonów do szeregu zjawisk, które albo są zanedbywalne w konwencjonalnych półprzewodnikach, albo nie mogą być dla nich obserwowane. W pracy zbadano szereg cech takich ekscytonów, spośród których najciekawszym jest chyba oddziaływanie pomiędzy ekscytonami i występowanie tzw. blokady dipolowej oznaczającej spadek absorpcji w obszarach, w których ekscyton jest już wykreowany. Znalazło to odzwierciedlenie w anomalii zależności cech spektralnych linii absorpcyjnych od głównej liczby kwantowej oraz od długości fali i gęstości mocy oświetlenia. Zostało też dodatkowo zweryfikowane poprzez pomiary w polu magnetycznym, za pomocą którego sterowano rozpiętością przestrzenną ekscytonów.

Praca TK2 jest niejako kontynuacją tych badań i skupia się na pewnym szczególnie zaobserwowanym w widmach absorpcji – bardzo słabych pikach na zboczach linii serii p



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska
Wydział Podstawowych Problemów
Techniki

Katedra Fizyki Doświadczalnej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79
F: +48 71 328 36 96

wppt.kfd@pwr.edu.pl
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614
NIP: 896-000-58-51
Bank Zachodni WBK S.A.
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



ekscytonów. Pokazano w niej, że związane jest to ze stanami ekscytonowymi o wyższym orbitalnym momencie pędu (seria f dla $l = 3$ i seria h dla $l = 5$), co możliwe było do zaobserwowania z powodu złamania symetrii obrotowej w kryształach kubicznym tlenku miedzi, w połączeniu z ultra wysoką rozdzielczością pomiaru widma absorpcji. Jest to pierwsza tego typu obserwacja bez zastosowania zewnętrznych pól.

Te dwie prace są zdecydowanie najbardziej fundamentalne, chociaż wcale nie najtrudniejsze w całym cyklu, ani pod względem złożoności zachodzących zjawisk ani wyzwań doświadczalnych. Dotyczą jednak zjawisk charakterystycznych dla atomów, ale obserwowanych dla quasi cząstek w półprzewodniku, czyli pewnej imitacji atomów w kryształach, co zaś czyni je odmiennymi. Prace te otworzyły cały nowy temat badawczy, który jest w obszarze zainteresowań szerokiego grona badaczy, i dlatego też są najczęściej spośród wszystkich prac cyklu cytowane, co również świadczy o doniosłości tych odkryć.

Kolejne dwie publikacje, TK3 i TK4, dotyczą ekscytonów w układach quasi zerowymiarowych, na przykładzie samorosnących kropek kwantowych związków II-VI otrzymanych metodami epitaksjalnymi. Tutaj chodzi o stany ciemne w sensie spinowych reguł wyboru, czyli takie dla których całkowity moment pędu wynosi 2 (dla wyidealizowanego przypadku, w którym stany ekscytonu budowane są ze stanów elektronu i dziury ciężkiej, co jednak w pierwszym przybliżeniu jest usprawiedliwione w takich układach, na skutek dużego odseparowania energetycznego stanów dziur lekkich). Zwykle jednak dochodzi do „rozjaśnienia” takich stanów ciemnych za przyczyną czynników wewnętrznych lub zewnętrznych, prowadzących do złamania symetrii i ich mieszania ze stanami jasnymi (dla których całkowity moment pędu wynosi 1). To zaś powoduje, że przejścia optyczne z nimi związane mogą być obserwowane widmach optycznych (tutaj akurat emisyjnych). Nominalnie cztery stany takiego ekscytonu w kropce kwantowej o rzutach momentu pędu wynoszących ± 1 i ± 2 byłyby zdegenerowane energetycznie. Jednak oddziaływanie wymienne pomiędzy elektronem i dziurą znosi częściowo tę degenerację – dwa stany ciemne są odseparowane energetycznie od siebie oraz stany jasne odseparowane od ciemnych. Do rozszczepienia stanów jasnych dochodzi po wprowadzeniu asymetrii potencjału wiążącego w płaszczyźnie, co w praktyce ma miejsce niemal zawsze. Ponieważ stany jasne są łatwo dostępne eksperymentalnie, i w dodatku ich rozszczepienie jest miarą anizotropii w układzie, to one są najczęściej badane w kropkach kwantowych. W przeciwieństwie, w swoich artykułach dr. Kazmierczuk skupił się na stanach ciemnych. W pracy TK3 zastosował pole magnetyczne w płaszczyźnie celem zmieszania stanów ciemnych z jasnymi i obserwacji pików luminescencyjnych związanych z tymi pierwszymi. Praca koncentruje się na badaniu dynamiki zaniku fotoluminescencji w różnych polach magnetycznych, z ekstrapolacją wyników do pola zerowego. Analiza niemonoeksponencyjnych zaników pozwoliła wnioskować, że zanik stanów ciemnych, przeciwnie do oczekiwań, ma charakter promienisty, a nie niepromienisty, na skutek mieszania walencyjnych stanów dziur ciężkich i lekkich. Domieszka tych drugich powoduje nadanie emisji z takich stanów polaryzacji TM (w kierunku wzrostu kryształu), co zaś odpowiada wektorowi propagacji w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wzrostu. Zmiany w stopniu mieszania stanów walencyjnych przekładają się zarówno na czas życia ciemnego ekscytonu jak i na zmiany wartości g -czynnika dziury. W pracy pokazano jednoznacznie korelację pomiędzy tymi wielkościami, co potwierdziło interpretację autorów. Co ciekawe, dodatkowo dokonano jeszcze pomiarów emisji z krawędzi próbki, w



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska
Wydział Podstawowych Problemów
Techniki

Katedra Fizyki Doświadczalnej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79
F: +48 71 328 36 96

wppt.kfd@pwr.edu.pl
www.pwr.edu.pl

REGON: 00001614
NIP: 896-000-58-51
Bank Zachodni WBK S.A.
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



w których bezpośrednio uzyskano emisję z takich stanów ciemnych ekscytonu z domieszką dziur lekkich, spolaryzowaną wzdłuż kierunku wzrostu.

W pracy TK4 habilitant zajął się badaniem dwukrotnie ujemnie naładowanego ekscytonu w kropkach kwantowych CdTe/ZnTe domieszkowanych pojedynczymi jonami manganu Mn^{2+} . Narzędziem badawczym były pomiary emisji w polu magnetycznym. W pracy omówiono, między innymi, analogie takiego kompleksu naładowanego do ekscytonu neutralnego. Główne podobieństwo polega na tym, iż struktura subtelna w obu przypadkach określana jest poprzez oddziaływanie wymienne jednego elektronu i jednej dziury (w kompleksie naładowanym, oddziaływanie wymienne dziury z parą elektronów na stanie s o spinach $\pm 1/2$ wynosi efektywnie zero). Okazało się, że analogia ta przekłada się również na przypadek ekscytonu naładowanego oddziałującego ze spinem jonu manganu ($S_z = \pm 5/2$), co zaś prowadzi do obserwacji 6 linii emisyjnych, podobnie jak to zaobserwowano wcześniej dla neutralnego ekscytonu w takich kropkach. W pracy autorzy zwracają też jednak uwagę na to co odróżnia kompleks podwójnie naładowany, a mianowicie promienisty charakter emisji ze stanów ciemnych, ze względu na dostępność elektronu o spinie odpowiednim dla danego spinu dziury. Pokazano także, że w odróżnieniu do ekscytonu neutralnego, oddziaływanie kompleksu X^{2+} z jonem Mn^{2+} umieszczonym w środku kropki jest całkowicie determinowane przez oddziaływanie wymienne jonu z dziurą, gdyż oddziaływanie wymienne z elektronem powłoki p okazało się zaniedbywalne. Pracę uważam za bardzo ciekawą i opartą na solidnie przeprowadzonych i omówionych eksperymentach spektroskopowych. Dotyczy ona jednak bardzo szczególnego układu fizycznego, i w tym sensie jest raczej publikacją niszową.

Kolejne cztery prace cyklu dotyczą badania ekscytonów w układach dwuwymiarowych, na przykładzie monowarstw selenku i siarczku wolframu. Materiały te charakteryzuje to, że stan podstawowy ekscytonu jest stanem ciemnym (zgodne orientacje spinu elektronu z pasma przewodnictwa i dziury z pasma walencyjnego). Jest to nie tylko ciekawy przypadek fizyczny w sensie badań podstawowych, gdyż własności takiego układu różnią się znacząco od bardziej powszechnego z jasnym stanem podstawowym, ale też o pewnych konsekwencjach w kontekście potencjalnych przyszłych zastosowań optoelektronicznych, z powodu istotnych różnic w czasach życia ekscytonu. To ostanie było przedmiotem badań habilitanta w pracach TK5 i TK6. W artykule TK5 badano dynamikę emisji i zaniku stopnia polaryzacji kołowej (po wzbudzeniu o zadanej polaryzacji). Nie tylko wyznaczono charakterystyczne czasy życia, ale pokazano, że włączenie bardzo słabego pola magnetycznego na poziomie kilkudziesięciu militesli, znacząco osłabia relaksację spinową (spowalnia zanik stopnia polaryzacji kołowej emisji). Ten zaskakujący efekt stabilizacji polaryzacji polem magnetycznym dyskutowano poprzez konkurencję pomiędzy różnymi mechanizmami relaksacji spinu, tzw. międziodolinową lub z ekscytonów ciemnych (jako długożyjącego rezerwuaru) do jasnych stanów zlokalizowanych. W pracy TK6 skupiono się zaś na zależności temperaturowej powyższych efektów (do temp. ok. 60 K). Pole magnetyczne niezbędne do stabilizacji polaryzacji kołowej emisji okazało się niezależne od temperatury dla WSe_2 , ale należało je zwiększać wraz z temperaturą dla WS_2 . Na podstawie prostego modelu równań kinetycznych autorzy analizują możliwe przyczyny takich obserwacji i jako jedno z wyjaśnień wskazują na prawdopodobną różnicę w relacjach pomiędzy szybkościami relaksacji międziodolinowej ciemnego ekscytonu w porównaniu do relaksacji ze stanów ciemnych do stanów zlokalizowanych.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

Katedra Fizyki Doświadczalnej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

F: +48 71 328 36 96

wppt.kfd@pwr.edu.pl
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Bank Zachodni WBK S.A.

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



W pracy TK7 habilitant zajął się badaniem oraz sterowaniem oddziaływaniem wymiany w ciemnych ekscytonach w dwuwymiarowym WSe_2 (enkapsulowanym pomiędzy warstwami heksagonalnego azotku boru) za pomocą pola magnetycznego o różnej orientacji. Na podstawie pomiarów w konfiguracji Faradaya określono podstawowe własności ciemnych ekscytonów, jak wartość rozszczepienia tzw. struktury subtelnej stanów ciemnych ekscytynu (wynikającej z oddziaływania wymiennego) oraz g-czynnik ekscytynu. Natomiast dzięki zastosowaniu pola magnetycznego w płaszczyźnie warstwy, wpływającego na mieszanie się stanów ciemnych z jasnymi, zaobserwowano spodziewany wzrost intensywności emisji ze stanów ciemnych z polem. Mieszanie to prowadzi do liniowej polaryzacji emisji, w przeciwieństwie do przypadku pola prostopadłego do warstwy, gdy jest ona kołowa. Wreszcie, w pracy zaproponowano dość oryginalne połączenie pól w płaszczyźnie i prostopadle do warstwy, gdzie indukcję tego drugiego zmieniano (przy stałej indukcji pola w płaszczyźnie). Zademonstrowano w ten sposób możliwość kontrolowanego przywracania polaryzacji kołowej emisji z ekscytonów ciemnych.

Praca TK8 dotyczy w całości WS_2 jako materiału rzadziej badanego (co w tym przypadku było możliwe dzięki enkapsulacji monowarstwy w hBN) i jest właściwie dopełnieniem trzech poprzednich. Pokazano w niej, między innymi, że enkapsulowany WS_2 jest nominalnie półprzewodnikiem typu n, co zaś powoduje, że widma optyczne zdominowane są przez ekscytyny naładowane, dla których jednak, w przeciwieństwie do neutralnych ciemnych ekscytonów, nie zaobserwowano ani rozszczepienia struktury subtelnej ani efektów polaryzacji liniowej emisji. W ramach charakteryzacji materiału wyznaczono g-czynnik takich ciemnych trionów oraz promienisty czas życia (o ponad dwa rzędy wielkości dłuższy niż dla stanów jasnych ekscytynu).

W mojej ocenie, przedstawione osiągnięcie habilitacyjne dr. Kazimierczuka spełnia z nadmiarem wymogi ustawowe i zwyczajowe. Artykuły na nie się składające wnoszą bardzo istotną nową wiedzę w obszarze badań na ciemnymi stanami ekscytonowymi w strukturach półprzewodnikowych, ale też do badań materiałowych w ogóle, co w szczególności dotyczy prac nt. dichalkogenków metali przejściowych. Artykuły te opublikowano w periodykach najwyższej międzynarodowej rangi, o wysokim lub bardzo wysokim współczynniku wpływu. W większości są one często cytowane przez innych autorów, co jest niezależnym miernikiem znaczenia uzyskanych rezultatów. Znałem już wcześniej prace dr. Kazimierczuka, a także miałem okazję słuchać jego wystąpień na konferencjach, i w połączeniu z treścią załączonych oświadczeń nie mam najmniejszych wątpliwości co do jego istotnego, lub dominującego wkładu do wybranych artykułów. Jednakże muszę przyznać, iż pewnym utrudnieniem dla recenzenta może być fakt, że habilitant przedstawił tylko oświadczenia dwóch spośród współautorów (pierwszych autorów prac TK3 – TK7). Aczkolwiek ich lektura połączona ze znajomością profilu poszczególnych zespołów uczestniczących w badaniach pozwala wierzyć, że wkład dr. Kazimierczuk do tych prac jest zgodny z treścią jego oświadczeń. Rozwiązanie jakie wybrał habilitant jest częściowo usprawiedliwione, gdyż naturalną jest trudność w zgromadzeniu oświadczeń od wszystkich współautorów po kilku latach. Jednakże moim zdaniem, jakiegokolwiek niedomówienia w tym zakresie rozwiązałyby oświadczenia szefów poszczególnych grup lub laboratoriów, które powinny być łatwiej osiągalne.





Niezwykle ważnym elementem życiorysu zawodowego dr. Kazimierzuka po doktoracie był jego długoterminowy, ponad dwuletni staż na Uniwersytecie Technicznym w Dortmundzie, w jednym z najlepszych laboratoriów w tej tematyce na świecie. Habilitant poszerzył w ten sposób znacząco zakres prowadzonych przez niego badań na kilka nowych obszarów, ale też nabył nowych doświadczeń, które przełożyły się nie tylko na dwie bardzo znaczące publikacje zaliczone do jego osiągnięcia habilitacyjnego (TK1 i TK2), ale w ogóle wzbogacenie dorobku (łącznie ok. 10 jego publikacji jest wynikiem współpracy z zespołem z Dortmundu). Wszechstronność dr. Kazimierzuka znalazła też odzwierciedlenie w podejmowaniu kolejnych nowych tematów po jego powrocie do jednostki macierzystej w Warszawie, głównie z zakresu badań nad dichalkogenkami metali przejściowych, których dotyczą prace TK5-TK8.

Sumaryczny dorobek naukowy dr. Kazimierzuka jest bardzo dobry. Jest on współautorem ok. 90 publikacji (wg. bazy Scopus), z czego prawie 50 to są artykuły opublikowane po doktoracie, czyli w okresie 9 lat, co wskazuje na jego ponadprzeciętną aktywność w prowadzeniu badań naukowych. Widoczna jest też różnorodność podejmowanych zagadnień, od badania wielu różnych aspektów dotyczących półprzewodnikowych kropek kwantowych, co jest w jakiejś mierze kontynuacją tematyki podjętej w doktoracie, poprzez badanie zjawisk elektrodynamiki kwantowej w ciele stałym w różnych systemach (również o różnej wymiarowości), po badania nad własnościami tzw. kryształów dwuwymiarowych, na temat których dr. Kazimierzuk publikuje szczególnie dużo w ostatnich 2-3 latach. W ogóle jego aktywność publikacyjna zdaje się znacząco wzrastać ostatnio, od pojedynczych prac publikowanych w latach 2017-2018, do 11 artykułów w roku 2020! Warto dodać, że znakomita większość prac dr. Kazimierzuka została opublikowana w czasopiśmie międzynarodowych najwyższej rangi w dyscyplinie nauk fizycznych: 6 prac w *Physical Review Letters*, 28 artykułów w *Physical Review B*, 4 w *Applied Physics Letters*, 3 w *Nanotechnology*. Ale też ma w swym dorobku prace w *Nature*, *Nature Communications*, *Nano Letters*, *2D Materials*, *Communication Physics*, *Physical Review X*. Jest to dorobek imponujący.

Pan dr. Tomasz Kazimierzuk prezentował też swoje wyniki wielokrotnie na międzynarodowych konferencjach, w tym w ostatnich 5 latach trzykrotnie w postaci wykładu zaproszonego oraz siedmiokrotnie w formie zwykłego komunikatu ustnego, także na największych i najważniejszych konferencjach z zakresu fizyki półprzewodników i fizyki nanostruktur jak OECS, EP2DS-MSS, ICPS, „Jaszowiec”. Sam też organizował w latach 2017-2018 warsztaty międzynarodowe nt. „Optical properties of 2D materials”.

Dr. Kazimierzuk ma już także na swoim koncie aktywność jako recenzent artykułów – recenzował dla bardzo prestiżowych magazynów jak *Physical Review Letters*, *Physical Review Materials*, *ACS Nano*, *The Journal of Physical Chemistry Letters* i *Journal of Luminescence*. Z wykazu osiągnięć nie wynika natomiast ile łącznie tych recenzji do tej pory było, można więc przypuszczać, że 5.

Habilitant wykazuje się też dużą aktywnością w zakresie kierowania projektami badawczymi – kierował 4 grantami z MNiSW oraz NCN (konkurs OPUS). Był też wykonawcą w innych projektach, w tym w szczególności w dwóch międzynarodowych, w ramach





Politechnika Wroclawska

Katedra Fizyki Doświadczalnej

programu ramowego UE (w trakcie pobytu w Dortmundzie) oraz programu TEAM Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (projekt ATOMOPTO).

W zakresie pracy dydaktycznej Pan dr. Kazimierzczuk może pochwalić prowadzeniem szeregu różnych kursów, zarówno z fizyki jak i metod komputerowych, w tym również zaawansowanych jak wykład z Fizyki materii kondensowanej i struktur półprzewodnikowych dla studentów II. stopnia. Warty podkreślenia jest też, że w przypadku wykładu z Technologii cyfrowych dla I. roku był on współautorem tego kursu. Był też promotorem jednej pracy licencjackiej i jednej magisterskiej. Natomiast w zakresie kształcenia kadry jest aktualnie promotorem pomocniczym w dwóch doktoratach. Dorobek ten uznałbym za wyróżniający, podkreślając zarówno twórczy wkład habilitanta jak i jego wszechstronność, co bardzo dobrze rokuje dla jego przyszłej pracy z młodzieżą.

Dr. Kazimierzczuk jest też aktywny na polu działalności związanej z popularyzacją nauki. Od ponad 15 lat jest członkiem Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej, będąc zaangażowanym w różne elementy organizacji olimpiady i pełniąc funkcję sekretarza ds. systemów informatycznych. Był też liderem polskiej drużyny odpowiadającym za prawidłowy przebieg Europejskiej Olimpiady Fizycznej w roku 2020.

Działalność organizacyjna habilitanta jest nieco skromniejsza, aczkolwiek z pewnością nie poniżej oczekiwań jak na ten etap kariery. W tym zakresie wartym podkreślenia jego udział w projekcie „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” na UW, w ramach której jest członkiem komitetu koordynacyjnego Priorytetowych Obszarów Badawczych oraz kierownika działania „Fundusz Rozwoju i Odnowienia Infrastruktury Badawczej” w ramach tego samego projektu.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawione przez dr. Tomasza Kazimierzczuka osiągnięcia spełniają wymogi określone w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wkład dr. Kazimierzczuka do dyscypliny do obszaru badań nad własnościami ekscytonów w materiałach półprzewodnikowych o różnej wymiarowości oceniam jako istotny. Jest to dodatkowo wsparte jego bardzo bogatym sumarycznym dorobkiem naukowym. Dotyczy to zarówno różnorodności tematów badawczych, którymi habilitant się zajmował lub zajmuje, ale również jakości i znaczenia uzyskiwanych rezultatów, potwierdzonych poziomem czasopism, w których zwykle swoje wyniki publikuje oraz stosunkowo dużą liczbą cytowań wielu z jego artykułów. Pozytywnie również oceniam jego osiągnięcia w obszarze działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz popularyzujących naukę. W mojej ocenie dr. Tomasz Kazimierzczuk jest w pełni dojrzałym naukowcem gotowym do samodzielności naukowej, dlatego też popieram wnioszek o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne na Uniwersytecie Warszawskim o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska
Wydział Podstawowych Problemów
Techniki

Katedra Fizyki Doświadczalnej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

T: +48 71 320 25 79

F: +48 71 328 36 96

wppt.kfd@pwr.edu.pl
www.pwr.edu.pl

REGON: 000001614
NIP: 896-000-58-51
Bank Zachodni WBK S.A.
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434