

Prof. dr hab. Józef Korecki
Katedra Fizyki Ciała Stałego
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
oraz
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera
PAN

**Recenzja osiągnięć naukowych dr. Łukasza Plucińskiego
w związku z postępowaniem habilitacyjnym.**

Dr Łukasz Pluciński jest absolwentem Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Już w trakcie studiów rozpoczął działalność naukową w DESY Hamburg uczestnicząc w pilotażowym projekcie dotyczącym lasera na swobodnych elektronach (TESLA TEST FACILITY – TTL). Aktywność tą kontynuował po rozpoczęciu pracy nad doktoratem w grupie prof. Roberta Johnsona (Uniwersytet w Hamburgu). W tym okresie jego praca naukowa ukierunkowana została na kątowno-rozdzielczą spektroskopię fotoelektronów. W tematyce tej zdobył olbrzymie doświadczenie będąc przez kilka lat odpowiedzialny za stację eksperymentalną F2.2 „Winkelmi” udostępnianą użytkownikom synchrotronu Doris II. Doktorat obroniony w roku 2002 dotyczył wykorzystania opanowanej metody eksperymentalnej do badania struktury walencyjnej półprzewodników z szeroką przerwą energetyczną, a uzyskane wyniki są rezultatami współpracy zagranicznej ze znanymi grupami z Instytutu Fizyki PAN oraz z Uniwersytetu w Würzburgu. Realizacja doktoratu stanowiła bardzo znaczący przyczynek do rozwoju naukowego dr. Plucińskiego i zaowocowała szeregiem istotnych prac, z których z przyczyn oczywistych znacznie lepiej cytowane są te, które dotyczą prac związanych z FEL-em. Na podkreślenie zasługuje też fakt, że dr Pluciński umiejętnie łączył pracę eksperymentalną i teoretyczną, opanowując metodykę obliczeń struktury pasmowej z wykorzystaniem teorii funkcjonału gęstości.

Działalność naukową w Hamburgu dr Pluciński kontynuuje też po doktoracie, do roku 2003, po czym na kilka lat przenosi się do USA, znajdując zatrudnienie jako post-doc kolejno w Boston University (2 lata) w grupie prof. Kevina Smitha i na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Connecticut (1 rok). Amerykańską część kariery naukowej dr Pluciński kończy kilkumiesięcznym stażem w Lawrence Berkely Laboratory w zespole prof. Fadley’a, uznanego

autorytetu w dziedzinie zastosowań twardego promieniowania X w badaniach struktury elektronowej. W roku 2006 dr Pluciński wraca do Europy i od listopada tegoż roku do chwili obecnej pracuje naukowo w Instytucie Petera Grünberga Forschung Zentrum Jülich, w zespole prof. Clausa Schneidera. Tak jak już napisałem większość prac współautorstwa dr. Plucińskiego, których łączna ilość w bazie Web of Science na dzień pisania recenzji wynosi 43, dotyczy zastosowań metod synchrotronowych, a w szczególności spektroskopii fotoemisyjnych z rozdzielczością kątową, do badania struktury elektronowej różnego typu materiałów. Osobną grupę stanowią wspomniane już prace z okresu doktoratu dotyczące wczesnego stadium rozwoju lasera na swobodnych elektronach, które chociaż ze względu na doniosłość i wagę zagadnienia są bardzo dobrze cytowane, to jednak nie mogą chyba być zaliczone do „osobistego” dorobku dr. Plucińskiego. Nie zmienia to faktu, że dorobek dr. Plucińskiego uważam za bardzo istotny nie tylko ilościowo, ale przede wszystkim jakościowo. Poza osiągnięciem habilitacyjnym, które omówione jest poniżej, do najważniejszych prac dr. Plucińskiego zaliczam szereg publikacji dotyczących struktury elektronowej materiałów półprzewodnikowych. Tematyka ta, rozpoczęta w trakcie realizacji pracy doktorskiej, towarzyszy doktorowi Plucińskiemu praktycznie do chwili obecnej, ewoluując w kierunku materiałów znajdujących się w centrum zainteresowania środowiska naukowego. Wieloletnia współpraca z Instytutem Fizyki PAN rozpoczęta została badaniami struktury pasmowej azotku galu, w formie zarówno materiału cienkowarstwowego, jak i krystalicznego. Tematykę azotków kontynuował dr Pluciński w trakcie pobytu w Boston University i z tego okresu datują się ważne prace dotyczące kwantowania gazu elektronowego na powierzchni wąskopasmowego azotku indu. W grupie prof. Smitha, zajmującej się szeroką tematyką nowych materiałów, dr Pluciński poszerza swoje horyzonty badawcze o półprzewodniki organiczne, a także o nowe metody badawcze z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego.

Niezwykle owocny jest okres współpracy dr. Plucińskiego z zespołem prof. Chucka Fadley'a z Advanced Light Source, która trwa właściwie do dzisiaj. Rozwój techniki HARPES, czyli kąto-rozdzielczej spektroskopii fotoelektronów z wykorzystaniem znacznie wyższej energii promieniowania X (rzędu kiloelektronowoltów), niż typowo używanej (kilkadziesiąt eV) stanowi nową jakość w dziedzinie spektroskopii elektronowej. Metoda ARPES, znana od lat 70 XX wieku jako niezastąpiona metoda badania struktury elektronowej powierzchni (głębokość próbkowania ograniczona jest do kilku zewnętrznych warstw atomowych)

nabiera nowego charakteru i pozwala na próbkowanie stanów elektronowych wnętrza materiału. Dzięki tej metodzie, rozwijanej wspólnie przez grupy z Kalifornii, Spring-8 oraz Jülich, na bazie modelowych pomiarów uzyskanych dla takich materiałów jak wolfram i GaAs, udało się uzyskać niezwykle cenne dane na temat źródła uporządkowania ferromagnetycznego w półprzewodnikowym kryształ GaMnAs.

Kolejnym etapem rozwoju naukowego dr. Plucińskiego są badania izolatorów topologicznych i prace dotyczące tych materiałów wchodzą w dużej części w skład osiągnięcia habilitacyjnego.

Niezwykle istotną i nieodzowną dla jakości prowadzonych badań naukowych jest działalność dr. Plucińskiego dotycząca rozwoju aparatury i metodyki pomiarowej. Ta działalność związana jest głównie z pracą w FZ Jülich, gdzie dr Pluciński kieruje grupą spektroskopii elektronowej. Wkład dr. Plucińskiego w rozwój aparatury obejmuje konstrukcję i budowę spektrometrów fotoemisyjnych, opartych zarówno na laboratoryjnych jak i synchrotronowych źródłach promieniowania. Między innymi w Laboratorium Synchrotronowym Delta w Dortmundzie powstał spektrometr wysokiej rozdzielczości dla energii promieniowania w obszarze ultrafioletu, a z drugiej strony istotny jest udział dr. Plucińskiego w rozwoju omawianej wyżej metodyki HARPES. W Laboratorium Delta powstaje też unikalny system do pomiarów czasowo-rozdzielczej fotoemisji, w której dzięki ultrakrótkim paczkom elektronowym i powstającym w wyniku tego bardzo wąskimi (czasowo) impulsom synchrotronowym, możliwe będzie w eksperymentach typu „pump-probe” badanie szybkiej dynamiki istotnej w takich procesach jak transfer elektronów, drgania sieci, przejścia fazowe, reakcje chemiczne czy wreszcie dynamika spinowa.

Przedstawiona pobieżnie merytoryczna charakterystyka dorobku naukowego dr. Plucińskiego nie pozostawia żadnych wątpliwości co do jego znaczącego wkładu w dziedzinę naukową, którą określić można jako struktura elektronowa nowych materiałów. W szczególności, w zakresie rozwoju metodyki badań z wykorzystaniem techniki ARPES, osiągnięcia habilitanta określić można jako pionierskie.

Również z punktu widzenia formalnego osiągnięcia naukowego dr. Plucińskiego są znaczące. Dr Pluciński jest współautorem 43 publikacji notowanych w bazie Web of Science, z których ponad 30 powstało po doktoracie. Ten ilościowo pokaźny dorobek wynika na pewno z szerokiej współpracy naukowej prowadzonej przez dr. Plucińskiego i udziału w

projektach „dużej skali”, ale warto zauważyć, że dr Pluciński jest pierwszym autorem w ok. 15-stu z tych prac. Publikacje są zamieszczone w bardzo dobrych czasopismach o czym świadczy ich łączny impact factor (IF) rzędu 180, a więc średnio ponad 4 na jedną publikację. Liczba cytowań publikacji współautorstwa dr. Plucińskiego bez samocytowań wynosi ponad 900, ale jak sam autor wskazuje ponad 500 z nich dotyczy wieloautorskich prac w projekcie TESLA-FEL. Jednak nawet przy uwzględnieniu tego faktu kilkaset cytowań w wyniku piętnastoletniej działalności naukowej to godny zauważenia parametr. Łączny indeks Hirscha osiągnięty przez dr. Plucińskiego to 15, przy czym gdyby odrzucić wspomniane publikacje (cztery) to parametr ten wynosiłby 13.

Jeśli chodzi o jakościowe i ilościowe wypełnianie innych kryteriów oceny osiągnięć habilitanta, określonych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r., to na podstawie autoreferatu można je opisać następująco:

- Udział w kilku projektach naukowych we współpracy pomiędzy niemieckimi uniwersytetami i instytucjami naukowymi.
- Uczestnictwo w licznych konferencjach naukowych. Autoreferat wymienia 9 referatów ustnych (z czego jeden zaproszony) i 13 prezentacji posterowych na dużych konferencjach o charakterze międzynarodowym. Listę ta można uzupełnić o dwa referaty zaproszone, wygłaszane na międzynarodowych konferencjach, odbywających się w roku 2014, w Polsce.
- Ze względu na dotychczasowe zatrudnienie w charakterze pracownika naukowego, habilitant nie uczestniczył bezpośrednio w prowadzeniu zajęć dydaktycznych i jego dorobek dydaktyczny sprowadza się do opieki naukowej nad dwoma magistrantami i trzema pracami doktorskimi.

Na szczególne podkreślenie zasługuje szeroka współpraca zagraniczna habilitanta w sposób naturalny wynikająca z bogatej historii zatrudnienia zarówno w Europie jak i w Ameryce.

Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego, dr Łukasz Pluciński wskazał jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany „Struktura elektronowa materiałów spintronicznych wyznaczana przy pomocy spinowo- i kątowno rozdzielczej fotoemisji”. W skład cyklu wchodzi 7 prac opublikowanych w latach

2007-2013 w bardzo dobrych czasopiśmie: 4 prace w Physical Review B oraz po jednej w Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics oraz Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. Pierwsze sześć prac to oryginalne prace wieloautorские, w których dr Pluciński jest w czterech pracach pierwszym autorem, a w dwóch drugim i trzecim. Ostatnia praca jest artykułem przeglądowym, której tytuł „The electronic structure of spintronic materials as seen by spin-polarized angle-resolved photoemission” dokładnie odpowiada tytułowi osiągnięcia. Praca ta nie zawiera oryginalnych wyników, ale stanowi doskonałe podsumowanie osiągnięć dr. Plucińskiego. Lista współautorów tych prac liczy 24 nazwiska z kilku ośrodków, w których powstawały prace, wymagające często współpracy grup doświadczalnych i teoretycznych. Z oświadczeń współautorów można wywnioskować, że wkład dr. Plucińskiego był dominujący, i tak też jest on określany procentowo przez habilitanta. Dla większości prac można go uznać za autora wiodącego, odpowiedzialnego za całość eksperymentu (a także przynajmniej częściowo teorii), jego opracowanie, a także redakcję manuskryptu. Z formalnego punktu widzenia przedstawiony cykl prac spełnia warunki stawiane tego typu osiągnięciom habilitacyjnym.

Również z bibliometrycznego punktu widzenia osiągnięcie spełnia zwyczajowe kryteria. Łączny IF oryginalnych prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego wynosi ponad 20, a prace te cytowane są łącznie ok. 60 razy.

Cykl prac jest tematycznie spójny, a dodatkowo łączy je metodyka eksperymentalna. Wspólnym mianownikiem wszystkich prac, jak to wskazuje tytuł osiągnięcia, jest jeden z czołowych problemów współczesnej fizyki ciała stałego, a więc pasmowa struktura elektronowa w pobliżu energii Fermiego różnego typu materiałów o znaczeniu funkcjonalnym, które autor osiągnięcia określa jako zastosowania spintroniczne.

Prace można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa, obejmująca prace oznaczone w autoreferacie [H1, H2, H3,] dotyczy badań układów metalicznych (lub zawierających warstwy metalu). Praca [H1] dotyczy problemu niezwykle ważnego dla układów TMR, a mianowicie struktury elektronowej warstwy granicznej pomiędzy izolatorem MgO oraz powierzchnią żelaza (001), przy czym żelazo, odmiennie od klasycznych złącz typu TMR, otrzymywane było na powierzchni metalicznej Mo(001). Celem badań było określenie wpływu warstwy izolatora na strukturę elektronową żelaza oraz stwierdzenie czy w warstwie granicznej występuje żelazo w formie tlenkowej (ten problem jest przedmiotem rozważań do dziś).

Można zadać pytanie czy informacje uzyskane w układzie MgO/cienka warstwa Fe na Mo(001) mogą być automatycznie przenoszone na typowe układy TMR.

Druga praca [H2] dotycząca powierzchni żelaza (001) ma na celu zbadanie powierzchniowej struktury elektronowej epitaksjalnych warstw Fe(001) otrzymywanych na powierzchni wolframu W(001). Praca ta była w pewnym sensie uzupełnieniem pracy [H1], jako że prowadzono w niej badania zmiany struktury elektronowej pod wpływem adsorpcji tlenu, symulując w ten sposób efekty, które mogą zachodzić w warstwie granicznej Fe-materiał tlenkowy. W pracy tej systematycznie i starannie pokazano wpływ adsorpcji tlenu na spinowo rozdzielczą strukturę elektronową powierzchni Fe(001).

Inna klasa efektów badana była w pracy [H3] poświęconej obserwacji magnetycznego przejścia fazowego dla stopu żelazo-rod. Ten niezwykle ciekawy materiał wykazuje przejście fazowe antyferromagnetyk-ferromagnetyk, które według danych literaturowych zależy w sposób istotny od ciśnienia, a w przypadku materiałów cienkowarstwowych od naprężeń. Tak jak w pracach poprzednich, stop FeRh otrzymywany był w postaci epitaksjalnej warstwy na podłożu W(001). Brakuje mi w pracy nieco bardziej szczegółowej dyskusji struktury badanej warstwy oraz wpływu tej struktury na obserwowane efekty. Z zamieszczonych obrazów LEED wynika, że zarówno podłoże W(001) jak i warstwa FeRh charakteryzują się znacznym stopniem niedoskonałości i w związku z tym przydałaby się dyskusja wpływu tych niedoskonałości na obserwowane efekty w strukturze elektronowej.

Druga grupa prac, numerowanych [H4, H5, H6] obejmuje badanie izolatorów topologicznych, a więc tematyki nowej i bardzo aktualnej. Te odkryte niedawno materiały na bazie bizmutu, selenu, telluru i antymonu są półprzewodnikami z wąską przerwą energetyczną i według koncepcji teoretycznej powinny przewodzić prąd tylko powierzchniowo. W praktyce proces ten zachodzi tak samo w objętości, co powoduje, że droga do zastosowań elektronicznych ciągle wydaje się jeszcze daleka. Szczególną cechą prac dr. Plucińskiego jest to, że ich przedmiotem są topologiczne izolatory w postaci cienkich warstw Bi_2Te_3 or Sb_2Te_3 . Okazuje się, że warstwy te mogą być przenoszone w warunkach atmosferycznych i stosunkowo prosty proces prowadzony w ultra wysokiej próżni przywraca ich szczególne właściwości, przynajmniej lokalnie. Istotnym osiągnięciem tych prac jest zmierzenie polaryzacji spinowej w tych materiałach i zaproponowanie sposobu jej zwiększenia. Prace te nabierają szczególnego znaczenia w świetle ostatnich doniesień o czysto powierzchniowym przewodnictwie innego cienko-warstwowego izolatora

topologicznego, Bi_2Se_3 , co stanowi istotny krok w kierunku spintronicznych zastosowań topologicznych izolatorów [Brahlek et al. PRL 113 (2014) 026801].

Podsumowując stwierdzam, że osiągnięcie habilitacyjne dr. Łukasza Plucińskiego stanowi istotny wkład do badania struktury elektronowej materiałów spintronicznych.

W związku z bardzo pozytywną oceną zarówno całokształtu dorobku jak i osiągnięcia habilitacyjnego uważam, że dr Łukasz Pluciński jest niezwykle dojrzałym i samodzielnym naukowcem i wypełnia bez zastrzeżeń wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki stawiane w postępowaniach habilitacyjnych.

Kraków, 28.08.2014

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Konec". The signature is written in a cursive style with a vertical line extending downwards from the end of the word.