

prof. dr hab. inż. Marek Przybylski

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
i Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii,

Akademia Górniczo-Hutnicza,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

R E C E N Z J A

osiągnięcia naukowego/habilitacyjnego pt.

„Rola efektów kolektywnych w teoretycznym opisie dla inżynierii materiałów o nowych właściwościach”

(oraz osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych)

p. dr inż. Piotra Chudzińskiego

Na podstawie przedstawionych materiałów jestem przekonany, że dr inż. Piotr Chudziński jest z wykształcenia fizykiem (technicznym?), natomiast nie potrafię powiedzieć gdzie tę fizykę studiował. Natomiast stopień doktora nauk fizycznych uzyskał w 2008 roku (14 lat temu) na podstawie rozprawy pt. *„The ground state phase diagram and the effects induced by non-magnetic impurities in two leg Cu-O Hubbard ladders”* przygotowanej pod kierunkiem Prof. Marca Gabay. Jak rozumiem z przedstawionych dokumentów, dr inż. Piotr Chudziński był doktorantem w Université Paris XI Sud, Laboratoire de Physique des Solides (unite mixte CNRS) w Orsay we Francji w latach 2005-2008. Pobyt i badania we Francji finansowane były w ramach europejskiego programu Marie Curie`s fellowship (PhD grant).

Doświadczenie zawodowe dr inż. Piotra Chudzińskiego to lata pracy w ośrodkach zagranicznych w Europie początkowo w charakterze postdoca, najpierw w Departement de Physique de la Matiere Condensee, Université de Geneve w Genewie (Szwajcaria) w latach 2008-2012, potem w Theoretical Physics Institute (tłumaczenie nazwy zgodnie z podanym przez Habilitanta), Regensburg University w Regensburgu (po polsku w Ratyzbonie) (Niemcy) w latach 2012-2014, a następnie w Institute for Theoretical Physics, Utrecht University w Utrechcie (Niderlandy) w latach 2014-2016. Po kilkumiesięcznej przerwie, w lutym 2017 dr inż. Piotr Chudziński podjął pracę jako Research Fellow w Atomistic Simulations Center, Queens University w Belfaście (Północna Irlandia, Wielka Brytania), gdzie, jak rozumiem, nadal pracuje. Równocześnie od grudnia 2020 roku pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Osiągnięciem naukowym/habilitacyjnym przedstawionym przez dr inż. Piotra Chudzińskiego jest cykl siedmiu artykułów naukowych (kody zgodnie ze spisem dorobku publikacyjnego Habilitanta: [P18], [P23], [P7], [P14], [P10], [P16] i [P22]), notacja zgodnie z Autoreferatem i wykazem osiągnięć dotyczących „roli efektów kolektywnych w teoretycznym opisie dla inżynierii materiałów o nowych właściwościach”. Artykuły te zostały opublikowane w latach 2011 -2021 w czasopiśmie z dobrymi współczynnikami wpływu (IF) i z dużą liczbą tzw. nowych punktów ministerialnych (m.in. po 140 pkt. za trzy prace opublikowane w Physical Review B). W pięciu z tych publikacji dr inż. Piotr Chudziński jest jedynym autorem, w pozostałych dwóch jest pierwszym spośród dwóch/trzech

autorów. Dominujący dział dr inż. Piotra Chudzińskiego w powstaniu wszystkich siedmiu publikacji jest więc oczywisty.

Z punktu widzenia cytowań, najlepiej cytowane są prace [P10] (21 razy) i [P7] (8 razy). Obie prace pochodzą z okresu pracy dr inż. Piotra Chudzińskiego w Departement de Physique de la Matiere Condensee, Universite de Geneve w Genewie (Szwajcaria). Niestety pozostałe prace stanowiące „osiągnięcia habilitacyjne” mają już znacznie słabsze cytowania: [P18] i [P14] po 3 razy, [P23] i [P16] po jednym razie, a praca [P22] nie ma w ogóle cytowań (liczby cytowań nie są podane w dokumentacji złożonej przez Habilitanta; zostały ustalone przeze mnie na podstawie danych dostępnych w Web of Science (WoS), 5 grudnia 2022, czyli tuż przed wysłaniem recenzji).

Podając takie dane dotyczące cytowań nasuwa się pytanie o związek pomiędzy „znacznym wkładem w rozwój danej dyscypliny”, a cytawalnością publikacji dotyczących tego wkładu, co w przypadku osiągnięcia habilitacyjnego dr inż. Piotra Chudzińskiego nie jest związkiem jednoznacznym. Co prawda łączna liczba cytowań wg WoS jest dobra bo wynosi 469 (bez autocytowań), co daje blisko $400/26 = \text{ok. } 15$, ale w przypadku publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” wynosi tylko $37/7 = 5.3$.

W informacji naukometrycznej zawartej w „wykazie osiągnięć naukowych” przyjęto liczbę punktów z ostatniego Rozporządzenia Ministra. W przypadku publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” daje to $670/7 = 96$, czyli średnio blisko 100 pkt. Na publikację, co potwierdza wcześniejsze stwierdzenie o publikowaniu w znaczących czasopismach. W przypadku całego dorobku publikacyjnego dr inż. Piotra Chudzińskiego wynik jest jeszcze lepszy, bo $3300/27 = 122$ pkt., świadcząc o publikowaniu w czasopismach za 100 i 140 pkt., czyli tych zaliczanych do najpoważniejszych periodyków naukowych (te liczby podaję za „wykazem osiągnięć” przygotowanym przez Habilitanta). Jeżeli natomiast chodzi o impact factor, to w przypadku publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” wynosi on łącznie 20.31 dając 2.90 średnio na każdą z tych publikacji, natomiast łączny impact factor całego dorobku publikacyjnego dr inż. Piotra Chudzińskiego wynosi 118.371 dając 4.55 średnio na publikację ponownie dobrze świadcząc o poziomie czasopism, w których dr inż. Piotr Chudziński zwykł publikować (jakkolwiek może trochę dziwić wybór niżej notowanych publikacji do „osiągnięcia habilitacyjnego”; prawdopodobnie kluczem wyboru publikacji był dominujący wkład Habilitanta o czym piszę w dalszej części recenzji).

Łączny dorobek publikacyjny dr inż. Piotra Chudzińskiego to 26 artykułów naukowych, z których 20 powstało po uzyskaniu stopnia doktora (i nie dotyczą już tematyki rozprawy doktorskiej). W łącznej liczbie publikacji jest pewna nieścisłość bo wymieniana przez Habilitanta liczba publikacji to 27, natomiast lista zamieszczona w „wykazie osiągnięć naukowych” zawiera 26 pozycji.

W zdecydowanej większości prac dr inż. Piotr Chudziński jest pierwszym autorem (w 16), a wśród nich w 7 jest jedynym autorem. Prace, w których dr inż. Piotr Chudziński nie jest pierwszym/jedynym autorem, przynajmniej w części dotyczą nieco innej tematyki, ale zawsze publikowane są w renomowanych czasopismach (oczywiście z listy JCR), świadcząc o dużej aktywności naukowej Habilitanta i trosce do publikowania w dobrych czasopismach.

Trochę niezrozumiałe jest dla mnie wymienianie publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” w innej kolejności niż chronologiczna. Wynika to z przesłanek merytorycznych (omawianych

później), które taką kolejność ([P18], [P23], [P7], [P14], [P10], [P16] i [P22]) czynią uzasadnioną (chronologiczną jest natomiast lista wszystkich publikacji Habilitanta).

(1) „Osiągnięcie habilitacyjne”

Tak jak w kilku moich poprzednich recenzjach zauważam, że powinnością recenzenta „osiągnięcia naukowego stanowiącego przedmiot habilitacji” nie jest ponowne recenzowanie publikacji, które to osiągnięcie stanowią, a ocena czy monografia lub cykl publikacji stanowią „znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej” (w tym przypadku „inżynierii materiałowej”), co jest ustawowym warunkiem koniecznym do uzyskania stopnia doktora habilitowanego ((art.219 ust.1 pkt.2) Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”).

W „wykazie osiągnięć naukowych” Habilitant zauważa, że spośród 3300 tzw. punktów ministerialnych za publikacje, aż 3230 pt. uzyskał w dyscyplinie „inżynieria materiałowa”. Z czystej ciekawości pozwalam sobie zapytać, czy w tej statystyce chodzi o czasopisma przypisane do dyscypliny „inżynieria materiałowa”, czy też Habilitant tyle swoich publikacji zadeklarował do dyscypliny „inżynieria materiałowa” (jakkolwiek nie wiem czy musiał to robić przed zatrudnieniem się w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie).

Wybór siedmiu publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” dr inż. Piotra Chudzińskiego (jak i ich kolejność) wydaje się uzasadniony. Jakkolwiek wątpliwości budzi stwierdzenie Habilitanta: „wszystkie wymienione publikacje są oparte na badaniach przeprowadzonych po otrzymaniu stopnia doktora nauk fizycznych w dziedzinie fizyki materiałowej”. Nie ma takiej dziedziny, gramatycznie nie jestem pewien czy chodzi o doktorat, czy o późniejsze badania, ale domyślam się, że dr inż. Piotrowi Chudzińskiemu chodzi o zadeklarowanie publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” do dyscypliny „inżynieria materiałowa”, co nie musi wydawać się całkiem oczywiste.

Jeżeli chodzi o merytoryczną ocenę osiągnięcia habilitacyjnego dr inż. Piotra Chudzińskiego, w szczególności w ustawowym kontekście znaczącego wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny „inżynieria materiałowa”, to pozwalam sobie zauważyć niezgodność tytułu osiągnięcia habilitacyjnego („Rola efektów kolektywnych w teoretycznym opisie dla inżynierii materiałów o nowych właściwościach”), z tytułem części merytorycznej Autoreferatu („Współczynniki transportu w materiałach z silnym niskoenerygetycznym wzbudzeniem kolektywnym”). Autoreferat jest częścią dokumentacji nie podlegając ocenie. Zwykle rozumiemy jednak, że autoreferat jest nieocenianą, ale pomocą do oceny wkładu habilitanta w rozwój danej dyscypliny. Ja mam często wątpliwości dotyczące autoreferatu, bo został wymyślony jako forma pośrednia pomiędzy „cyklem artykułów” i „monografią”. Wydaje mi się, że rolą merytorycznej części autoreferatu powinno być pokazanie na czym polega znaczący wkład habilitanta do rozwoju dyscypliny nauki („inżynierii materiałowej” w tym przypadku), oczywiście odnosząc się do własnych publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne”. Autoreferat świadczy i o autorze, i o jego ocenie spełnienia „ustawowych” wymagań związanych z uzyskiwaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego. No a już koniecznie autoreferat powinien być bezpośrednio związany z „osiągnięciem habilitacyjnym” będącym przedmiotem oceny. W tym przypadku Autoreferat jest szeroką informacją o badaniach prowadzonych przez dr inż. Piotra Chudzińskiego odwołującą się do jego całkowitego dorobku, m.in. do publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne”, ale na tyle

szerokim i tak ciekawym, że warto chyba ocenić „osiągnięcie habilitacyjne” przez pryzmat/spojrzenie zaproponowane w Autoreferacie.

Autoreferat przygotowany przez dr inż. Piotra Chudzińskiego w części merytorycznej ma 63 strony i jest podzielony na kilka części. Poza wstępem (2.1), metodami badawczymi (2.2) i wnioskami końcowymi (2.7), są cztery części/rozdziały merytoryczne usystematyzowane rodzajem badanych materiałów: „Trój-chalogenki o strukturze kolumnowej” (2.3), „Bismut i stopy bismutu z antymonem” (2.4), „Purpurowe brązy molibdenowe” (2.5) i „Bi₂Se₃ jako przykład materiału termoelektrycznego i jednocześnie izolatora topologicznego” (2.6). Niestety, poszczególne rozdziały nie są bezpośrednio powiązane z publikacjami stanowiącymi „osiągnięcie habilitacyjne” czyniąc Autoreferat dziełem niezależnym od ocenianego osiągnięcia habilitacyjnego. Co więcej w bibliografii Autoreferatu Habilitant powołuje się tylko na jedną swoją publikację spośród tych stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” (referencja [13]). Co prawda, w tekście części merytorycznej dr inż. Piotr Chudziński czasami odnosi się do odrębnej bibliografii jaką jest lista jego własnych publikacji, jednak jest to zrobione mocno chaotycznie i doszukałem się tylko odniesienia do pozycji [P19], [P18] i [P23] w rozdz.2.3, [P7], [P14] i [P11] w rozdz.2.4, [P8], [P10], [P16] i [P20] w rozdz.2.5 oraz braku odniesień do tej listy w rozdz.2.6. Pozycja [P22] nie jest w ogóle cytowana, mimo że stanowi „osiągnięcie habilitacyjne”. Oczywiście po kolejności i tytułach łatwo się domyślić, że rozdz.2.3 to [P18] i [P23], rozdz.2.4 to [P7] i [P14], rozdz.2.5 to [P10] i [P16], a rozdz.2.6 to [P22]. Trochę to skomplikowane, ale taka jest systematyka badań zaproponowana przez dr inż. Piotra Chudzińskiego w jego „osiągnięciu habilitacyjnym”.

A może z Autoreferatu mogłaby powstać praca przeglądowa? Bo na pewno Autoreferat jest materiałem bardzo interesującym. Już sam rozdz.2.1, czyli „Wstęp”, jest niejako manifestem zainteresowań, czy też wręcz misji dr inż. Piotra Chudzińskiego umotywowanej w sposób merytorycznie przekonujący i naukowo bardzo konkretny. Tak rozumiem stwierdzenie „Podstawowym założeniem standardowej teorii jest opis materiału na podstawie stanów jednoelektronowych, z wykorzystaniem idei teorii pola średniego, co jest u podstaw takich metod jak DFT. Skoordynowany ruch elektronów został uśredniony i jakiejkolwiek zjawiska kolektywne zostały pominięte. Jeżeli naszym celem jest wyjście poza ten schemat, potrzebujemy metody opisu zjawisk kolektywnych”. W opisie zjawisk kolektywnych wykorzystany został przede wszystkim model zdominowanej przez stany kolektywne cieczy Tomonagi-Luttingera (TLL).

Podobnie przekonujący jest opis metod badawczych zawarty w rozdz.2.2. Konsekwentnie dr inż. Piotr Chudziński stwierdza, że „standardowe metody używane w obliczeniach transportu, wykorzystujące równania transportu Boltzmana, są oparte na modelu pojedynczej cząstki, co nie jest adekwatne do naszego problemu”. W związku z tym proponuje aby do obliczenia funkcji odpowiedzi danego systemu wykorzystać formalizm Kubo w procedurze opartej na rozwinięciu diagramów Feynmana gwarantując, że „nie popełnimy błędu dwukrotnego liczenia tych samych oddziaływań, także jeżeli zastąpimy propagator bozonowy wzbudzeniem kolektywnym”.

W rozdziale 2.3 dr inż. Piotr Chudziński opisuje warstwowe chalogenki wskazując na ich wielką popularność w ostatnich latach, z „technologicznego” punktu widzenia wynikającą z łatwego rozwarstwiania i uzyskiwania materiałów dwu-wymiarowych o niezwykle ciekawych własnościach wynikających z istotnej roli spinowego i orbitalnego stopnia swobody elektronów. Przykładem

takiego materiału jest trójkhalogenek kolumnowy NbSe₃ charakteryzujący się silnie anizotropową strukturą elektronową opisywaną jako „system słabo związanych jednowymiarowych kolumn”. Z punktu widzenia „osiągnięcia habilitacyjnego” wkład dr inż. Piotra Chudzińskiego do badań tego materiału to publikacje [P18] i [P23]. W pierwszej z nich ([P18]) Habilitant zajmował się mechanizmem fotoemisji proponując nowy jednostopniowy opis fotoemisji dla materiałów typu quasi-jednowymiarowych (a takim materiałem jest NbSe₃). W drugiej ([P23]) dr inż. Piotr Chudziński w opisie teoretycznym wprowadził/uwzględnił ekranowane oddziaływanie elektron-elektron wewnątrz takiego materiału wynikające z oddziaływań pomiędzy jednowymiarowymi kolumnami.

W tej części Autoreferatu dr inż. Piotr Chudziński podkreśla jak ważna w jego badaniach była inżynieria materiałowa, czyli powiązanie własności fizycznych z technologią otrzymywania badanych materiałów, z wykorzystaniem metod diagnostycznych w skali nano, takich jak nanoARPES (z powodzeniem zresztą w tych badaniach stosowany). W szczególności w publikacji [P23] poruszone zostały (i rozwiązane) problemy interpretacji wyników ARPES związane m.in. z prędkościami modów kolektywnych mierzonych w eksperymencie. Znaczącym efektem prowadzonych prac okazało się stwierdzenie współistnienia w NbSe₃ dwóch faz: jednowymiarowej cieczy kwantowej bez przerwy energetycznej (TLL) i izolatora Peierlsa z przerwą energetyczną, a także wyliczenie dla obu faz współczynników transportu. Drugim ważnym wynikiem jest pokazanie rozróżnialności obu faz za pomocą światła (o dwóch różnych polaryzacjach), a także pokazanie, że natężenie powstającego prądu fotoelektrycznego jest okresową funkcją energii wzbudzających fotonów. Oznacza to ciekawą, a zarazem dość fundamentalną obserwację, że w niektórych materiałach prąd fotoelektryczny zależy od polaryzacji i długości fali fotoelektronów.

W kolejnym rozdziale Autoreferatu (2.4) dr inż. Piotr Chudziński uzasadnia znaczenie badań kolejnej grupy materiałów, a mianowicie bizmutu i stopów bizmutu z antymonem. I także tym razem Autoreferat okazuje się pasjonującą lekturą ułatwiającą zrozumienie znaczenia badań, których wyniki opublikowane w pracach [P7] i [P14] stanowią część „osiągnięcia habilitacyjnego” będącego przedmiotem tej recenzji. Jak rozumiem, wybór bizmutu i jego stopów został podyktowany poszukiwaniem modelowego systemu 3D, w którym mogą powstać niskoenergetyczne mody kolektywne, takie jak plazmony akustyczne. Warunkiem jest anizotropowy charakter kilku współistniejących powierzchni Fermiego, na których współistnieją fermiony o wyraźnie różnych masach efektywnych. Jednym z problemów wymagających wyjaśnienia jest rola niskoenergetycznych plazmonów w zwiększonej mobilności nośników i silnym oddziaływaniu ze światłem. Dr inż. Piotr Chudziński zwraca uwagę na bizmut jako unikalny, samokompensujący się materiał o równej liczbie elektronów i dziur, i o niezwykle wąskiej przerwie energetycznej. Wynikające z tego bardzo małe gęstości nośników skutkują długimi średnimi drogami swobodnymi, co czyni bizmut idealnym materiałem do badania uwięzienia kwantowego. W pracy [P7] dr inż. Piotr Chudziński zamieścił wyniki badań teorii transportu w takich półmetalach sugerując „kolektywne rozpraszanie Babera jako wiodący mechanizm oporności w półmetalach bliskich topologicznemu przejściu Lifshiza”. Habilitant zasugerował, że anomalne właściwości transportowe bizmutu, niezgodne z teorią cieczy Fermiego, mogą być skutkiem sprzężenia elektronów i dziur o bardzo różnych masach efektywnych. Systemem jeszcze bliższym przejściu Lifshiza i jeszcze bardziej nadającym się do badań okazuje się być bizmut domieszkowany

antymonem. Chodzi o domieszkowanie takimi materiałami, które skutkują powiększaniem tylko powierzchni Fermiego pasm walencyjnych lub tylko pasm przewodnictwa. Z kolei publikacja [P14] dotyczy opisu rezonansowego sprzężenia elektron-fonon i obliczeń sygnału magnetoelektrycznego wynikającego z kolektywnego „przeciągania” (określenie za Habilitantem) fononów obecnego w półmetalach. A że zjawiska „przeciągania” często manifestują się efektami termoelektrycznymi, to celem było wyjaśnienie anomalnie dużego efektu Nernsta, który w żadnym materiale nie jest tak duży jak w bizmucie. Konsekwentnie, w pracy [P14] tej zbadany został wpływ korelacji kolektywnych wzbudzeń plazmonów na termoelektryczne współczynniki transportu i na transfer energii do sieci krystalicznej. Najważniejszym wynikiem tych badań jest stwierdzenie, że w przypadku plazmonu akustycznego o prędkości zbliżonej do prędkości fononu, sprzężenie pomiędzy plazmonem i siecią skutkuje rezonansem jakościowo zmieniającym charakter oporu fononowego, a co za tym idzie silnie wpływa na własności magneto-termoelektryczne. Warty podkreślenia jest fakt, że obliczenia dr inż. Piotra Chudzińskiego są na bieżąco weryfikowane eksperymentalnie (we współpracy z innymi grupami badawczymi), w tym przypadku poprzez wykorzystanie naprężeń do względnej zmiany prędkości plazmonu i fononu. W każdym razie obecność niskoenergetycznych plazmonów wydaje się być czynnikiem umożliwiającym efektywne przenoszenie energii cieplnej między cieczą elektronów, a siecią krystaliczną, a mechanizmem bezpośrednio za to odpowiedzialnym wydaje się sprzężenie plazmonów z fononami akustycznymi sieci krystalicznej. A to z kolei może wyraźnie zwiększyć współczynnik transportu termoelektrycznego.

Rozdział 2.5 jest poświęcony purpurowym brązom molibdenowym, czyli nie prostym metalom, a materiałom o bardziej skomplikowanej strukturze, w szczególności o strukturze perowskitu, bardzo ostatnio popularnym i często badanym. Materiały o takiej strukturze, nazywane perowskitami, mają niezwykle własności, takie jak kolosalny magnetoopór (CMR) w związkach na bazie Mn (przydatne w spintronice), nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, ferroelektryczność (też niezwykle przydatna w nowych koncepcjach spintroniki wykraczających poza standardową technologię CMOS), termoelektryczność, duża wydajność ogniw fotowoltaicznych, etc. Taką własnością jest też nadprzewodnictwo w obecności oddziaływania spin-orbita występujące w interfejsie LaAlO-STO skutkujące nietypową zależnością transportu elektronowego od pola magnetycznego. Wyniki badań wprowadzonych w tym rozdziale Autoreferatu zostały opublikowane w kilku pracach, m.in. w [P10] i [P16] stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” dr inż. Piotra Chudzińskiego. Praca [P10] poświęcona jest związkowi $\text{Li}_{0.9}\text{Mo}_6\text{O}_{17}$ (LMO) należącego do rodziny purpurowych brązów litowo-molibdenowych, a w szczególności pokazaniu własności tego związku bliskich przejściu Motta. Natomiast praca [P16] jest rozwinięciem teoretycznego opisu tego materiału w zakresie niskich energii, polegającym na uwzględnieniu wpływu ekscytonów z par elektron-dziura o symetrii orbitali dxz/dyz (poza modami kolektywnymi TLL związanymi z orbitalami Mo o symetrii dxy). Doprowadziło to do pokazania wpływu ekscytonów na przejście Motta w związkach niskowymiarowych (1D), później udowodnionego eksperymentalnie. Należy dodać, że LMO jest materiałem trudnym technologicznie, jak zresztą wiele związków otrzymywanych metodą Bridgmanna, ze względu na osiąganie przesycenia dla danego etapu w różnych punktach chłodzonego materiału. Prowadzi to do niejednorodności polegającej na różnym stopniu uporządkowania w różnych obszarach próbki. Jeśli dołożyć do tego podatność na

absorpcję wody, to rzeczywiście materiał jest trudny, tym bardziej że charakteryzuje się wyjątkowo silnym wpływem nieporządku na elektrony przewodnictwa. Wyzwaniem było ustalenie, czy i które niejednorodności niszczą nadprzewodnictwo i parametry TLL, a które nie. Tym razem metody obliczeniowe były oparte na przybliżeniu ciasnego wiązania, a potrzebne parametry uzyskano z dopasowania wartości obliczonych ab-initio dostępnych w literaturze. W rozdziale tym dr inż. Piotr Chudziński omawia wyniki obliczeń w różnych aspektach, m.in. wpływu pola magnetycznego na oporność w fazie występującej w niskich temperaturach. W szczególności opisano mechanizm, z którego wynika istnienie „magicznego kąta” pomiędzy osią kwantyzacji momentu pędu ekscytonu, a kierunkiem pola magnetycznego. Dla takiego kąta pole magnetyczne nie wywiera żadnego wpływu na oporność mierzoną w niskich temperaturach. No i podobnie jak w innych rozdziałach Autoreferatu, bardzo ciekawe są rozważania Habilitanta we „wnioskach cząstkowych”. Z nieskrywanym zaangażowaniem dr inż. Piotr Chudziński pisze o odkryciu nowej klasy materiałów nazwanych przez niego „niewłaściwymi izolatorami Motta”, w których właściwości izolacyjne wynikają ze sprzężenia z ekscytonami. A że ekscytony silnie reagują na pole magnetyczne, to z rozważań dr inż. Piotra Chudzińskiego wynika, że już zmiana kierunku namagnesowania w ferromagnetyku sprzężonym z LMO wystarczy na przemianę izolatora w metal. Podobny mechanizm sugerowany jest jako odpowiedzialny za efekt magneto-chromatyczny, czyli za zależność współczynnika odbicia światła od pola magnetycznego (jak rozumiem, efekty te nie zostały jeszcze potwierdzone eksperymentalnie).

Wreszcie ostatnia grupa materiałów, których własności przewiduje i opisuje teoretycznie w rozdz.2.6 dr inż. Piotr Chudziński: Bi_2Se_3 , materiał od wielu lat intensywnie badany, w szczególności ze względu na nietrywialne topologiczne powierzchniowe stany elektronowe. Bi_2Se_3 w swojej objętości jest izolatorem, ale ze względu na strukturę elektronową podobnym do półmetali. Jak uzasadnia dr inż. Piotr Chudziński, wybór tego materiału do badań wynikał z połączenia własności i cech, które obserwował dla pierwszych trzech grup materiałów dyskutowanych w Autoreferacie (i w publikacjach stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne”): silnie sprzężone quintuple podobnie jak struktury opisane w rozdz.2.3, materiał na bazie bizmutu i telluru podobnych do półmetali opisanych w rozdz.2.4 i obecność pola krystalicznego podobnie jak w materiałach opisanych w rozdz.2.5. Wyniki dotyczące topologicznych izolatorów są opublikowane w kilku pracach dr inż. Piotra Chudzińskiego, ale tylko jedna z nich, [P22] z 2020 roku, jest częścią osiągnięcia habilitacyjnego. Oczywiście Bi_2Te_3 jest topologicznym izolatorem, czyli półprzewodnikiem (z wąską przerwą), w którym występują stany powierzchniowe umożliwiające przepływ prądu. Takie stany są przedmiotem szczególnego zainteresowania dr inż. Piotra Chudzińskiego bo „mogą zdominować współczynniki transportu w niskich energiach”. Oryginalnym wkładem dr inż. Piotra Chudzińskiego w teoretyczny opis tych materiałów jest uwzględnienie stanów topologicznych występujących na dyslokacjach sieci krystalicznej (jedyne stany metaliczne występującej w przerwie energetycznej dla stanów objętościowych) oraz uwzględnienie skończonej szerokości pasm elektronowych i fononowych. Połączenie wyników badań uzyskanych dla innych materiałów (opisanych wyżej) pozwoliło pokazać „jak sprzężenie z fononami może przełamać ochronę topologiczną i wywołać zderzenia elektronów z dużą wymianą pędu”. W konsekwencji może to prowadzić do uzyskania znacznego wkładu dyslokacji do sygnału termoelektrycznego. Uwzględnienie zaniedbywanego do tej pory tunelowania między stanami 3D (w objętości kryształu)

i stanami 1D (na dyslokacjach) wydaje się zwiększać współczynnik termoelektryczny Seebecka (co ma ogromne znaczenie aplikacyjne i wyjaśnia dlaczego ten związek uznawany jest za najlepszy materiał termoelektryczny. Czynnikiem, który ogranicza wkład dyslokacji do efektu termoelektrycznego jest mała amplituda tunelowania pomiędzy normalnymi stanami 3D, a stanami topologicznymi 1D zlokalizowanymi na dyslokacjach.

To co łączy wnioski wyciągnięte z badań poszczególnych grup/rodzajów materiałów zostało krótko opisane we „wnioskach końcowych”, czyli w rozdz.2.7. Poza generalnym stwierdzeniem o nowych właściwościach oferowanych w szczególności (ale nie tylko) przez materiały o zredukowanej wymiarowości, a także o potencjalnym przyszłym wykorzystaniu metod teoretycznych zaproponowanych do opisu materiałów wytwarzanych sztucznie, czy do nanostruktur, dr inż. Piotr Chudziński formułuje trzy „ogólne aspekty” uzyskanych przez siebie wyników (z którymi zresztą trudno się nie zgodzić): (1) dominację niskowymiarowych modów kolektywnych można uzyskać na wiele sposobów, (2) współczynniki transportu wynikają z wykładników praw potęgowych i dają się teoretycznie wyliczyć, i wreszcie (3) istnieją własności i zjawiska, których bez opisu teoretycznego przeprowadzonego przez dr inż. Piotra Chudzińskiego nie dało się przewidzieć.

Z mojego punktu widzenia (jako recenzenta), podsumowując artykuły naukowe stanowiące „osiągnięcie habilitacyjne” dr inż. Piotra Chudzińskiego i oceniając ich znaczenie dla rozwoju dyscypliny „inżynieria materiałowa”, stwierdzam:

- (a) Siedem publikacji jako „osiągnięcie habilitacyjne” plus 19 innych publikacji opublikowanych w dobrych i bardzo dobrych czasopismach (jakkolwiek związanych przede wszystkim z fizyką), po 13 latach aktywności zawodowej w dobrych europejskich ośrodkach badawczych, na pozór nie jest pewno dorobkiem „zwalającym z nóg”. Także indeks Hirscha równy 9 nie jest wartością oczekiwaną w Europie dla profesora nauk ścisłych/technicznych. Jednak bliższe przyjrzenie się dorobkowi dr inż. Piotra Chudzińskiego całkowicie ten punkt widzenia zmienia,
- (b) Za najciekawsze z punktu widzenia inżynierii materiałowej (i fizyki) uważam publikacje powstałe we współpracy z Prof. Thierry Giamarchi z Uniwersytetu Genewskiego (których znaczenie potwierdza prestiż Physical Review B, liczba cytowań tych publikacji ([P7] – 8, [P10] – 21), i które ukształtowały przyszłe zainteresowania naukowe dr inż. Piotra Chudzińskiego,
- (c) Za szczególny (znaczący!) wkład dr inż. Piotra Chudzińskiego w rozwój dyscypliny „inżynieria materiałowa” uważam nie tylko wyjaśnienia teoretyczne, ale także teoretyczne przewidywania niskoenergetycznych (kolektywnych) własności materiałów wynikających z procesu technologicznego ich otrzymywania, czyli coś co powinno się nazwać „teoretyczną inżynierią materiałową”.

Z formalno-prawnego punktu widzenia stwierdzam, że przedstawione artykuły naukowe autorstwa i/lub współautorstwa dr inż. Piotra Chudzińskiego są powiązane tematycznie, bo dotyczą opisu szerokiej gamy własności i procesów zachodzących w różnych materiałach, w szczególności tych stanowiących przedmiot poważnego zainteresowania fizyków i inżynierów materiałowych w ostatnich latach, takich na przykład jak topologiczne izolatory. Spełniony jest zatem warunek określony w art.219 ust.1 pkt.2b) Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

Za najciekawsze w dorobku naukowym dr inż. Piotra Chudzińskiego uważam dojrzałe podejście do analizy własności materiałowych w poprzez ich szczegółowy opis teoretyczny. Pozwoliło to m.in. szczegółowo scharakteryzować, a często przewidzieć, właściwości materiałów, co wydaje się istotne zarówno z powodów poznawczych, jak i aplikacyjnych np. dla spintroniki czy dla współczesnych układów termoelektrycznych.

(2) Pozostałe wymogi ustawowe

Ustawowe wymogi dotyczące habilitacji obejmują jeszcze „istotną aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej” (art.219 ust.1 pkt.3). Te stronę działalności badawczej dr inż. Piotra Chudzińskiego można uznać za wręcz modelową. Kilka kilkuletnich staży podoktorskich w renomowanych ośrodkach europejskich to najlepsze przygotowanie do objęcia stanowiska profesora, co zapewne nastąpi wkrótce po zakończeniu procesu habilitacyjnego.

Wśród „uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów”, dr inż. Piotr Chudziński wymienia trzy granty irlandzkich instytucji finansujących badania naukowe, z których jeden jest już zakończony, a dwa są w trakcie realizacji. W jednym z nich dr inż. Piotr Chudziński jest „naukowcem współbadaczem” (grant finansowany przez konsorcjum trzech agencji badawczych: amerykańskiej NSF, irlandzkiej SFI i brytyjskiej DfE, a w drugim dr inż. Piotr Chudziński jest badaczem współkierującym („co-investigator”). Ten drugi z aktualnie realizowanych grantów dotyczy „Un-particle superconductivity”, czyli, jak rozumiem, „unusual properties of matter with non-trivial scale invariance”, w tym przypadku tą niezwykłą własnością jest nadprzewodnictwo.

Problem aktywności międzynarodowej, szczególnie w zakresie realizacji zewnętrznie finansowanych projektów badawczych został omówiony wcześniej w związku z omawianym (we wstępie do recenzji) przebiegiem kariery zawodowej dr inż. Piotra Chudzińskiego.

Dodam też, że w przypadku publikacji stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne” trudno jest o nich mówić jako o efektach międzynarodowej współpracy Habilitanta. Tylko dwie z nich nie są jedno-autorskie i w tym sensie są efektem współpracy, tyle że niekoniecznie międzynarodowej instytucjonalnie. Natomiast we wszystkich siedmiu publikacjach dr inż. Piotr Chudziński afiliuje się w innych instytucjach niż ta, w której jest teraz zatrudniony, i w tym sensie literalnie i ideowo spełnia warunek ustawowy, bo „wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej” (art.219 ust.1 pkt.3).

Istotnym elementem aktywności naukowo-badawczej jest też udział w zespołach badawczych realizujących projekty inne niż te wymienione powyżej czyli pozyskujących finansowanie w drodze konkursów krajowych i/lub zagranicznych. Dr inż. Piotr Chudziński zamieścił listę 10-ciu grup badawczych, z którymi współpracuje, a także określił mniej lub bardziej szczegółowo tematykę takich współprac. Należy przyznać, że tematy badawcze wymienione na tej liście dotyczą ważnych problemów badawczych, często z tzw. pierwszej linii frontu, m.in. materiałów jednowymiarowych, sprzężenia elektron-fonon w ferroelektrykach, czy termoelektrycznych półmetali.

(3) Aktywność konferencyjna, działalność dydaktyczna i organizacyjna, aktywność związana ze współpracą z otoczeniem społeczno-gospodarczym

Zgodnie z przepisami przedmiotem tej recenzji powinno być tylko „osiągnięcie habilitacyjne” i spełnienie pozostałych warunków ustawowych określonych np. wspomnianym powyżej art.219 ust.1 pkt.3) Ustawy.

Jednak dla pokazania całości zawodowej sylwetki Habilitanta, dodaję kilka krótkich uwag na temat pozostałych aspektów działalności zawodowej dr inż. Piotra Chudzińskiego.

Aktywność konferencyjna dr inż. Piotra Chudzińskiego to przede wszystkim regularne uczestnictwo w zjazdach Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego (APS) poczynając od 2008 roku, z przerwą w latach 2013-2017 co wynikało pewno z ograniczonych możliwości finansowych w trakcie pracy w Utrecht University w Niderlandach (?), uczestnictwach w zjazdach krajowych towarzystw fizycznych w krajach, w których dr inż. Piotr Chudziński akurat pracował (lub we współpracujących krajach sąsiedzkich). Łącznie na liście jest 12 pozycji. W dokumentach przygotowanych przez Habilitanta wymienione są tylko dwa wystąpienia konferencyjne o statusie „wykład zaproszony”, co nie jest wynikiem imponującym i nie musi świadczyć o szerokim zainteresowaniu tematyką badawczą uprawianą przez dr inż. Piotra Chudzińskiego. Status pozostałych 10-ciu wystąpień konferencyjnych (poster czy oral) nie jest w dokumentach określony. Natomiast w „wykazie osiągnięć” można znaleźć cykl ośmiu wykładów dla doktorantów School of Mathematics and Physics w Queens University Belfast o wspólnym tytule „Advanced many-body method in solid-state physics” wygłoszonych w 2020 roku, co na pewno jest osiągnięciem wartym zauważenia.

Dorobek dydaktyczny dr inż. Piotra Chudzińskiego jest opisany w rozdz.4 Autoreferatu („Doświadczenie w nauczaniu i rozpowszechnianiu wiedzy”), i obejmuje „konwersatorium na kursach magisterskich z zaawansowanej fizyki ciała stałego” (prowadzone w Uniwersytecie Genewskim), zajęcia z takich przedmiotów jak „Optyka i fale”, „Termodynamika klasyczna i kwantowa”, „Klasyczna teoria pola” i „Fizyka ogólna” prowadzone w uniwersytetach, w których Habilitant był zatrudniony w dość znacznym wymiarze czasowym. Także w obecnym miejscu zatrudnienia, czyli w Queens University w Belfaście, dr inż. Piotr Chudziński prowadził specjalistyczny wykład dla doktorantów w Szkole Matematyki i Fizyki nt. „teorii wielu ciał”. Bez wątpienia, uzyskane w ten sposób doświadczenie dydaktyczne, w tak szerokim zakresie i w tylu miejscach, jest trudne do przecenienia i wyjątkowe jeśli porównam do dorobku dydaktycznego wielu innych kandydatów do stopnia doktora habilitowanego.

Z obowiązku recenzenta muszę zauważyć, że dorobek dydaktyczny dr inż. Piotra Chudzińskiego jest związany z fizyką, o czym jednoznacznie świadczą nauczane przez niego przedmioty i adresaci tego nauczania.

W ramach tzw. działalności organizacyjnej wymienić należy członkostwo w Komitecie Redakcyjnym IPPT Reports on Fundamental Technological Research (od 2021 roku, a więc już po zatrudnieniu w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki). Tradycyjnie nie wymieniam takich aktywności zawodowych jak recenzowanie publikacji dla czasopism, których jesteśmy czytelnikami, czy też naturalnych czynności organizacyjnych (udział w komisjach, dniach otwartych, etc.), bo są stałym elementem naszej pracy, obowiązkiem i wszyscy je musimy wykonywać.

Nasza aktywność związana ze współpracą z otoczeniem społeczno-gospodarczym nabiera coraz większego znaczenia, z dość oczywistych powodów w naukach technicznych, ale także z powodu regulacji prawnych stosowanych w Polsce (w szczególności tzw. II kryterium w procesie ewaluacji dyscyplin w jednostkach naukowych). Dr inż. Piotr Chudziński w swoim „wykazie osiągnięć naukowych” w tym zakresie wskazuje na technologiczne aspekty kilku podejmowanych przez niego problemów badawczych, a w szczególności zwraca uwagę na współpracę z nonoGune/SimuneAtomistic, firmą działającą na rzecz innowacyjnych technologii w przemyśle materiałów termoelektrycznych.

Mając na uwadze powyższą ocenę recenzowanego osiągnięcia habilitacyjnego, a także przedstawioną powyżej ocenę dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Piotra Chudzińskiego, wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego uważam za uzasadniony.

Stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Piotra Chudzińskiego odpowiadają wymaganiom określonym w art.219 ust.1 pkt.2 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” i wnoszę o przejście do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych w w/w Ustawie.



prof. dr hab. inż. Marek Przybylski

Kraków/Bolechowice, 5 grudnia 2022

