

**Ocena osiągnięć Pana dr. inż. Artura Durajskiego
w związku z postępowaniem o nadanie mu
stopnia doktora habilitowanego**

Dotychczasowa kariera naukowa Pana dr. inż. Artura Durajskiego związana jest z Politechniką Częstochowską, gdzie w 2011 roku ukończył studia magisterskie na dwóch kierunkach, zarządzanie i inżynieria produkcji oraz fizyka techniczna, a w 2014 studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, uzyskując stopień doktora nauk fizycznych. W międzyczasie w Międzywydziałowym Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli Politechniki Częstochowskiej ukończył fakultatywne studia pedagogiczne. Od roku 2014 pan dr inż. Artur Durajski jest zatrudniony w swojej macierzystej uczelni, przy czym od 2016 roku pełni funkcję kierownika Zakładu Fizyki Ciała Stałego.

Osiągnięciem naukowym, które jest podstawą wniosku o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego, jest cykl dziesięciu publikacji w międzynarodowych czasopiśmiech opatrzony wspólnym tytułem „*Wysokotemperaturowy stan nadprzewodzący w układach o konwencjonalnym oraz niekonwencjonalnym mechanizmie parowania*”. Dwie prace są monoautorskie, a w pozostałych habilitant szacuje swój udział pomiędzy 45% a 80%, co wydaje się być konsyistentne z oświadczeniami współautorów. Publikacje ukazały się w latach 2014-2017. Siedem spośród nich dotyczy związków H_nS oraz innych nadprzewodników zawierających wodór (i deuter), czyli materiałów, których

popularność ogromnie wzrosła dzięki odkryciu nadprzewodnictwa w bardzo wysokiej temperaturze, pod bardzo wysokim ciśnieniem. Pozostałe trzy publikacje dotyczą natomiast nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego w układach zawierających płaszczyzny miedziowo-tlenowe. W pracach dotyczących obu grup układów decydującą rolę w tworzeniu stanu nadprzewodzącego autor przypisuje sprzężeniu elektron-fonon. O ile w przypadku pierwszej grupy, czyli nadprzewodników typu H_nS i podobnych, mamy do czynienia z konwencjonalnym nadprzewodnictwem i podejście takie jest jak najbardziej uzasadnione, to w przypadku nadprzewodników w układach z płaszczyznami miedziowo-tlenowymi odpowiedzialność za powstanie stanu nadprzewodzącego zazwyczaj przypisywana jest silnym korelacjom czysto elektronowym.

Ocena osiągnięcia naukowego

Praca [A1], najlepiej cytowana spośród prac habilitanta (choć ponad połowa cytowań to autocytowania albo cytowania przez członków grupy, w której habilitant pracuje), rozpoczyna cykl prac, w których formalizm równań Eliashberga zastosowany był do badania nadprzewodnictwa w związkach H_nS . W szczególności, w pracy tej wykorzystano zmodyfikowaną przez Allena i Dynesa formułę McMillana, która wiąże temperaturę krytyczną z logarytmicznie uśrednioną częstością fononową, pseudo-potencjałem odpychania kulombowskiego oraz stałą sprzężenia elektron-fonon, do pokazania, że tak oszacowana maksymalna temperatura przejścia do stanu nadprzewodzącego może być bardzo wysoka, znacznie wyższa niż $T_c = 203$ K obserwowane w eksperymencie Drozdov'a i innych. Pokazano tam także, że parametry termodynamiczne, takie jak stosunek wielkości szczeliny nadprzewodzącej do temperatury krytycznej, skok ciepła właściwego w T_c , czy termodynamiczne pole krytyczne przyjmują wartości znacząco różne od przewidywań teorii BCS. Sugeruje to obecność w tych układach silnego sprzężenia elektron-fonon oraz dużego znaczenia efektów retardacyjnych. Pokazanie możliwości istnienia tak wysokiej temperatury krytycznej w układach z czysto fononowym mechanizmem parowania jest bardzo ciekawe i praca ta jest z pewnością jedną z najbardziej znaczących w dorobku dr. inż. Artura

Durajskiego.

Jak pisze habilitant w autoreferacie, przewidywania maksymalnej temperatury krytycznej zbliżonej do temperatury pokojowej stały się impulsem do powstania kolejnych prac w tej tematyce. Ponieważ podejrzewa się, że w po zaaplikowaniu wysokiego ciśnienia w H_2S zachodzi przemiana $3\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}_3\text{S} + \text{S}$ i wysokotemperaturowe nadprzewodnictwo ma miejsce w H_3S , w pracy [A2] przeprowadzono obliczenia podobne jak w pracy [A1], ale dla H_3S oraz D_3S . Wykonanie obliczeń dla układów z wodorem i deuterem pozwoliło przeanalizować efekt izotopowy i wyznaczyć współczynnik α . Ponadto, także tu pokazano zachowanie odbiegające od przewidywań teorii BCS, co potwierdza, że także w tych układach występuje silne sprzężenie elektron-fonon oraz efekty retardacyjne. Praca została wyróżniona jako *Editor's Choice* w *Annalen der Physik*.

W pracy [A3] podobne obliczenia dla H_3S oraz dla PH_3 (związku w którym także odkryto wysokotemperaturowe nadprzewodnictwo pod wysokim ciśnieniem) zostały uzupełnione obliczeniami opartymi o teorię funkcjonałów gęstości (DFT) oraz zbadano wpływ poprawek wierzchołkowych. Obliczenia z zasad pierwszych pozwoliły na wyznaczenie niektórych własności elektronowych i fononowych badanych związków, w tym wielkości będących parametrami materiałowymi w równaniach Eliashberga. Uwzględnienie poprawek wierzchołkowych nieco zmodyfikowało wartość pseudopotencjału kulombowskiego, ale jako że jest to wielkość, która jest najczęściej dopasowywana w celu odtworzenia wyników eksperymentalnych, własności termodynamiczne badanych układów nie uległy znaczącym zmianom. Jest to wynik o tyle ciekawy, że sugeruje możliwość stosowania tu klasycznej teorii Migdała-Eliashberga bez poprawek wierzchołkowych. Z drugiej jednak strony istnieją prace [np. A.S. Alexandrov, EPL **56**, 92 (2001)], sugerujące, że przy tak silnym sprzężeniu elektron-fonon ich pominięcie może prowadzić do błędnych wyników.

Wyniki podobne do wyników obliczeń z pierwszych zasad z pracy [A3] można

znaleźć w pracy [A4]. Główna różnica jest taka, że tu struktura pasmowa i gęstości stanów fononowych i elektronowych prezentowane są dla 250, 350 i 500 GPa, a w pracy [A3] były jedynie dla 200 GPa. Słaba zależność własności elektronowych od ciśnienia jest zresztą widoczna na rysunku 4, a także przy porównaniu tego rysunku z rysunkiem 3 w pracy [A3]. Ogólną konkluzją pracy jest stwierdzenie, że w przypadku H_3S dalsze zwiększanie ciśnienia nie doprowadzi do podniesienia temperatury krytycznej. Z kolei w pracy [A5] podobne obliczenia prowadzone są dla sytuacji, w której w H_3S podstawiane są różne izotopy siarki. Pokazano tam, że podstawienia nie wpływają w znaczący sposób na własności elektronowe H_3S , ale modyfikacja własności fononowych może doprowadzić do podniesienia temperatury krytycznej do 242 K. Przewidziano tam także silny ujemny efekt izotopowy przy zastąpieniu ^{32}S poprzez ^{36}S .

Kolejna praca w tym nurcie, [A6], powstała w reakcji na obliczenia Y. Ge i innych [PRB **93**, 224513 (2016)] pokazujące, że niewielkie podstawienie w H_3S siarki fosforem może prowadzić do zwiększenia temperatury krytycznej do 280 K. Użyta w pracy Y. Ge metoda wirtualnego kryształu została zastąpiona obliczeniami z wykorzystaniem superkomórki, co doprowadziło do przeciwnych wyników. O ile praca Y. Ge sugeruje prawie monotoniczny wzrost T_c wraz ze wzrostem ciśnienia aż do 200 GPa, to w pracy habilitanta wzrastające ciśnienie systematycznie obniża T_c . Wydaje się jednak, że konkluzja pracy [A6] jakoby podejście wirtualnego kryształu było niewystarczające i prowadziło do znacznego przeszacowania temperatury krytycznej wydaje się być nie do końca uzasadniona. Po pierwsze, badane w pracy Y. Ge koncentracje fosforu (0.075 oraz 0.1) są niższe niż najniższa wartość możliwa przy superkomórce $2 \times 2 \times 2$ (0.125), a porównanie wyników dla $x = 0.075$ oraz $x = 0.1$ (rysunek 4 w pracy Y. Ge) wskazuje, że zależność temperatury krytycznej od ciśnienia jest czuła na tak niewielkie zmiany. Co więcej, na wspomnianym rysunku widać, że o ile dla $x = 0.075$ T_c rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia w całym badanym zakresie ciśnień, czyli od 150 do 250 GPa, to dla $x = 0.1$ rośnie już jedynie dla ciśnień do 200 GPa, powyżej której to wartości pozostaje stałe, a następnie maleje. Nie można więc wykluczyć, że dla podstawienia $x = 0.125$ i większych w całym badanym zakresie ciśnień T_c będzie malało. Po drugie, Y. Ge

w dodatku E do swojej pracy zawarł porównanie z wynikami dla superkomórki $2 \times 2 \times 2$, które pokazuje całkiem dobrą zgodność elektronowych i fononowych gęstości stanów w obu podejściach.

Praca [A7], ostatnia z cyklu poświęconego nadprzewodnictwu w H_nS i podobnych związkach, dotyczy H_3Cl oraz D_3Cl . Można tam znaleźć prawie wszystkie rodzaje obliczeń, które w pracach [A1] do [A6] prowadzone były dla H_2S , H_3S , D_3S oraz PH_3 , a więc są obliczenia z pierwszych zasad dające strukturę elektronową i fononową, są obliczenia w oparciu o równania Eliashberga, także z poprawkami wierzchołkowymi, dające zachowanie temperatury krytycznej w funkcji ciśnienia, temperaturową zależność parametru porządku czy efekt izotopowy. Główną konkluzją pracy jest sugestia, że w układzie tym pod ciśnieniem 150 GPa może istnieć nadprzewodnictwo w temperaturach do 198 K.

Podsumowując tą część osiągnięcia naukowego należy jednoznacznie stwierdzić, że stanowiące je badania dotyczą bardzo aktualnego problemu. Choć sugestia możliwości istnienia wysokiej temperatury krytycznej w układach z wodorem pojawiła się już dawno, dopiero teraz eksperymenty potwierdziły jej słuszność. Dlatego też badania pana dr. inż. Artura Durajskiego bardzo dobrze wpisują się w eksperymentalno-teoretyczny nurt poszukiwań układów, w których nadprzewodnictwo byłoby obserwowane w jeszcze wyższych temperaturach. Należy także wspomnieć, że używane w tych pracach metody obliczeniowe, tzn. równania Eliashberga oraz teoria funkcjonałów gęstości są adekwatne do fononowego charakteru parowania w tych układach. Niestety, nie mam już takiego przekonania w stosunku do drugiej grupy prac, czyli publikacji [A8] do [A10]. Prace te dotyczą wysokotemperaturowych nadprzewodników z płaszczyznami miedziowo-tlenowymi. Wszystkie one bazują na modelu, który przypisuje kluczową rolę sprzężeniu pomiędzy elektronami i fononami. W pracy [A9] habilitant jako „*The most general form of the Hamiltonian that contains the essential physics of the pairing mechanism for cuprates*” podaje hamiltonian, w którym wszystkie wyrazy (z wyjątkiem energii kinetycznej) zawierają sprzężenie z fononami.

Powołuje się tu na pracę R. Szczęśniak, PLoS ONE 7(4): e31873, (2012), w której zapostulowano, że rozpraszanie elektron-elektron w stanie nadprzewodzącym możliwe jest jedynie z emisją lub absorpcją fononu. Założenie to nie wydaje się być powszechnie akceptowane, o czym może świadczyć, że wspomniana praca, mimo iż ukazała się już ponad 6 lat temu, na 34 cytowania ma tylko jedno, które nie jest cytowaniem przez jej autora lub jego współpracowników. Używany w pracach [A8] do [A10] model zawiera wyraz z czterema operatorami fermionowymi i dodatkowym sprzężeniem do bozonowych stopni swobody, natomiast pomija zupełnie „tradycyjne” korelacje kulombowskie. Dlatego uważam, że szkoda, że habilitant poświęcił stosunkowo dużo czasu i energii na badanie tego raczej egzotycznego modelu, którego związek z wysokotemperaturowymi nadprzewodnikami z płaszczyznami miedziowo-tlenowymi jest co najmniej wątpliwy. Z drugiej jednak strony należy zauważyć, że przeprowadzone w tych pracach analizy jakością nie odbiegają od prac [A1] do [A7]. Zwłaszcza dotyczy to pracy pracy [A10], gdzie ów model badany był przy pomocy równań Eliashberga, co wymagało skomplikowanych i żmudnych obliczeń.

Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych oraz aktywności naukowej, dydaktycznej i popularyzatorskiej

Pan dr. inż. Artur Durajski w autoreferacie podaje, że całkowita liczba jego publikacji wynosi 65, z czego 17 zostało opublikowanych przed uzyskaniem doktoratu. Web of Science aktualnie podaje całkowitą liczbę 71. Wskazuje to na bardzo dużą aktywność naukową habilitanta, także już po złożeniu wniosku. Szkoda, że w autoreferacie jedynie 1.5 strony jest poświęcone na telegraficzne omówienie niektórych publikacji nie wchodzących do ocenianego osiągnięcia naukowego. Można tam znaleźć informacje, że pan dr inż. Artur Durajski zajmował się m.in. dichalkogenidkami metali przejściowych oraz układami niskowymiarowymi takimi jak warstwy ołowiu czy grafen i silicen. Wskazuje to na szerokie spektrum zainteresowań habilitanta, które wykraczają poza rozwiązywanie równań Eliashberga. Należy jednak zauważyć, że na dorobek habilitanta, który ilościowo jest bardzo bogaty, składają się prace w czasopismach

o niezbyt wysokim wskaźniku *impact factor*, który średnio wynosi 1.74. Prace też zazwyczaj nie są długie - wśród tych, które składają się na osiągnięcie naukowe tylko jedna ma 14 stron, a wszystkie pozostałe maksymalnie po 9. Być może byłoby lepiej zamiast wielu prac dotyczących bardzo wąskich wycinków badanego zagadnienia (np. oddzielna praca dotycząca H₃S i D₃S, oddzielna praca dotycząca wpływu różnych izotopów siarki, itp.) próbować tworzyć prace, w których dany temat przeanalizowany byłby w sposób bardziej kompletny. Prace takie miałyby z pewnością większe szanse na bycie zauważonymi także poza lokalnym środowiskiem.

Większość prac habilitanta to prace, które powstały we współpracy z polskimi współpracownikami, głównie z byłym promotorem R. Szczęśniakiem i członkami jego grupy. Jedynie w 4 pracach pojawiają się zagraniczni współautorzy. Pan dr inż. Artur Durajewski odbył jeden trzymiesięczny staż naukowy na uniwersytecie La Sapienza we Włoszech oraz miesięczny w Jiangsu Normal University w Chinach. Złożył też kilkudniową wizytę badawczą w The Institute of Complex System, National Research Council we Włoszech. Współpracę międzynarodową można więc ocenić jako przeciętną.

Od 2017 roku habilitant jest kierownikiem grantu NCN SONATA. Kierował także kilkoma grantami wydziałowymi. W 2018 otrzymał stypendium MNiSW dla Wybitnych Młodych Naukowców, w 2017 stypendium FNP dla Młodych Uczonych START oraz stypendium PTF dla Młodych Fizyków uczestniczących w 43 Zjeździe Fizyków Polskich. Po uzyskaniu doktoratu otrzymał także liczne indywidualne i zbiorowe nagrody Rektora Politechniki Częstochowskiej.

Pan dr inż. Artur Durajewski wygłosił 15 referatów na konferencjach. Niestety, we wniosku nie ma informacji, czy były wśród nich wykłady na zaproszenie.

Habilitant był opiekunem aż 28 studentów (!), z których 7 obroniło pracę inżynierską, a 21 pracę magisterską. Czwooro spośród nich podjęło studia doktoranckie,

jedna praca magisterska została wyróżniona przez PTF, a jedna otrzymała nagrodę w konkursie na najlepszą pracę na Wydziale Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej. Nagrody i wyróżnienia otrzymali także studenci, nad którymi opieka habilitanta nie była związana z prowadzeniem prac dyplomowych. Pan dr inż. Artur Durajski pełnił funkcję promotora pomocniczego w dwóch zakończonych przewodach doktorskich oraz jest opiekunem naukowym w jednym przewodzie.

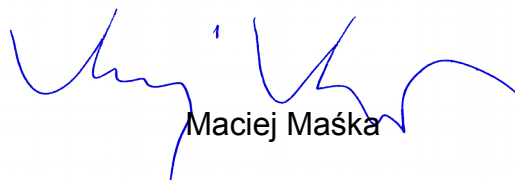
Podsumowanie

Jak już to było wspomniane, publikacje składające się na osiągnięcie naukowe pana dr. inż. Artura Durajskiego ze względu na materiały, których dotyczą, można podzielić na dwie grupy: nadprzewodniki z wodorem (i deuterem) oraz miedziany. We wszystkich pracach kluczową rolę w indukowaniu stanu nadprzewodzącego odgrywają fonony. We wszystkich pracach, z wyjątkiem [A8] oraz [A9], metody obliczeniowe opierają się o równania Eliashberga, a w przypadku niektórych także teorię funkcjonalów gęstości. Wszystkie te prace pokazują bardzo dobre opanowanie przez habilitanta tych technik obliczeniowych i swobodne posługiwanie się nimi zarówno od strony technicznej, jak i fizycznej interpretacji wyników. Niestety, o ile w przypadku pierwszej grupy materiałów założenie fononowego mechanizmu parowania jest powszechnie akceptowane, to kluczowa rola fononów w przypadku miedzianów nie jest już tak oczywista. Prace z tego obszaru zawierają porządne obliczenia i napisane są w dobry sposób, ale wątpliwości budzić może założenie, na którym są oparte.

Pomimo tych zastrzeżeń, uważam, że dorobek – zwłaszcza ten składający się na pierwszą grupę prac stanowiących oceniane osiągnięcie naukowe – jest wystarczający dla uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Pewne wątpliwości natomiast budzi sposób publikowania prac przez habilitanta. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego wśród kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wymienia m.in. liczbę cytowań czy indeks Hirscha.

W przypadku pana dr. inż. Artura Durajskiego parametry te wyglądają bardzo dobrze (w momencie składania wniosku $h = 15$ oraz 514 cytowań). Ale gdy przyjrzeć się dokładniej jego pracom, to okazuje się, że we wszystkich pracach cytowane jest zawsze bardzo dużo prac własnych i współpracowników. Często cytowania te zupełnie nie są uzasadnione i niczego nie wnoszą do pracy. Przykładowo, w pracy [A1] znajduje się akapit „*Note that the above was based on the numerical methods used in the publications [13, 33-35]*”, gdzie cytowane są prace autora, a odniesienie się do nich nie znajduje merytorycznego uzasadnienia. Wiele szanujących się czasopism nie dopuszcza sytuacji, gdy umieszczona w bibliografii liczba własnych prac przekracza zwyczajowo przyjęte granice. Efekty przyjęcia takiej strategii podnoszenia parametrów bibliometrycznych są wyraźnie widoczne, bo na podane w autoreferacie 514 cytowań prac habilitanta prawie połowa (!) to autocyтовania. Choć podejście takie może zwiększać suche parametry, to jednocześnie może powodować stratę wizerunkową habilitanta.

Wobec powyższego, muszę stwierdzić, że obiektywna ocena wniosku nie była łatwa i wymagała dogłębnej merytorycznej analizy prac pana dr. inż. Artura Durajskiego. Pozwoliła ona jednak na wyciągnięcie wniosku, że osiągnięcia naukowo-badawcze, współpraca międzynarodowa, dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz uzyskane nagrody spełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego. Decydujące były tu przede wszystkim aktualne i wartościowe prace [A1] do [A7] oraz duży dorobek nie wchodzący w oceniane osiągnięcia naukowe. Dlatego też, pomimo zastrzeżeń, które zaprezentowałem powyżej, rekomenduję komisji habilitacyjnej wydanie pozytywnej opinii w sprawie nadania dr. inż. Arturowi Durajskiemu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie fizyka.



Maciej Maśka