

Prof. dr hab. Andrzej Szewczyk
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk
Warszawa

Recenzja dorobku naukowego dr. inż. Karola Synoradzkiego oraz jego osiągnięcia naukowego: „Niskotemperaturowe właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne trójskładnikowych materiałów na bazie metali ziem rzadkich”, będącego podstawą prowadzonego przez Radę Naukową Instytutu Fizyki Molekularnej PAN postępowania o nadanie dr. Synoradzkiemu stopnia doktora habilitowanego

Przygotowując niniejszą recenzję kierowałem się ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z 20 lipca 2018 r. (z aktualizacjami z 2024 r.), którą dalej będę nazywał „Ustawą”.

Dr inż. Karol Synoradzki ukończył Wydział Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej w 2010 r., uzyskując dyplom magistra inżyniera. Pracę magisterską: *Badania własności strukturalnych i magnetycznych wybranych związków manganu*, przygotował pod kierunkiem prof. Tomasza Tolińskiego. Od 2015 r. związany jest z Instytutem Fizyki Molekularnej PAN, gdzie w 2015 r. uzyskał stopień doktora nauk fizycznych. Jego rozprawa doktorska: *Własności magnetyczne, elektryczne i termodynamiczne związków $Ce(Cu_{1-x}Ni_x)Mn_yAl_{1-y}$* ”, której promotorem był prof. Toliński, uzyskała wyróżnienie. Tak więc zgodnie z art. 219 par. 1 pkt 1. Ustawy dr Synoradzki może ubiegać się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Jako podstawę do przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr Karol Synoradzki przedstawił cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów, zatytułowany: *Niskotemperaturowe właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne trójskładnikowych materiałów na bazie metali ziem rzadkich*. Artykuły te zostały opublikowane w uznanych czasopismach naukowych, wymienionych w wykazie sporządzonym przez ministra edukacji i nauki. Nie są to w większości czasopisma najwyższej punktowanej, niemniej jednak 8 prac jest opublikowanych w czasopismach bardzo dobrych i dobrych (1 - w *J. Alloys and Compounds*, 1 – w *J. Appl. Phys.*, 4 – w *J. Magn. Magn. Mater.*, 1 – w *J. Rare Earth*, 1 – w *Phys. B: Condens. Matter*), a jedynie 2 prace są zamieszczone w nieco mniej cenionym *Acta Physica Polonica A*. Artykuły tworzące cykl były cytowane 55 razy (wg bazy Web of Science). Silną stroną przedłożonego cyklu jest to, że 4 spośród dziesięciu publikacji to jednoautorskie prace Kandydata, a załączone oświadczenia wszystkich współautorów pozostałych 6 publikacji, precyzujące ich wkład w przedłożone prace, pozwalają jednoznacznie określić dominujący wkład Kandydata w powstanie tych artykułów.

Głównym celem przedłożonego cyklu prac było zbadanie efektu magnetokalorycznego i innych właściwości fizycznych 5 grup związków międzymetalicznych, tj.: (1) związków $RNiX$, gdzie R oznacza lantanowiec, a X – Sn lub Sb (prace: H2, H3 i H10); (2) związków $LaCu_4Mn$ i $GdCu_4Mn$ (prace H1 i H6); (3) związków $RCrGe_3$ z $R = Ce$ i Nd (prace H4 i H9); (4) związków $CeSi_{2-x}Ga_x$ (prace H7 i H8) oraz (5) związków uzyskanych poprzez częściowe zastępowanie krzemu borem w Gd_5Si_4 oraz materiałów kompozytowych $Gd/Gd_5Si_2Ge_2$ (praca H5).

Jak trafnie zauważył Kandydat w autoreferacie, od momentu gdy Gschneidner i Pecharsky odkryli (w końcu lat dziewięćdziesiątych) znakomite właściwości magnetokaloryczne

związków typu $Gd_5(Si,Ge)_4$, błyskawicznie rozpowszechnił się wśród badaczy pogląd, że zjawisko magnetokaloryczne ma bardzo dużą szansę stać się podstawą urządzeń chłodzących nowej generacji. Byłyby to urządzenia dużo bardziej przyjazne dla środowiska i efektywniejsze energetycznie (nawet o ok. 40%) niż stosowane obecnie chłodziarki sprężarkowe. Podstawowym problemem okazało się jednak znalezienie materiału, który wykazywałby odpowiednio duży efekt magnetokaloryczny w pobliżu temperatury pokojowej, był chemicznie i fizycznie stabilny podczas wielokrotnych cykli przemagnesowywania i był wytwarzany z tanich, przyjaznych dla środowiska surowców. Intensywne poszukiwania takiego materiału trwają już od ponad dwudziestu lat i rocznie publikowanych jest kilkaset prac poświęconych temu zagadnieniu. W tej sytuacji przedłożony cykl prac bardzo dobrze wpisuje się w nurt bardzo aktualnych badań i wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy o materiałach magnetokalorycznych. Głównym elementem badań przedstawionych w prawie wszystkich pracach cyklu (poza H1) jest wyznaczenie w funkcji temperatury i indukcji przykładanego pola magnetycznego dwóch głównych parametrów charakteryzujących efekt magnetokaloryczny, tj. izotermicznej zmiany entropii i (w 6 pracach) adiabatycznej zmiany temperatury pod wpływem pola magnetycznego. Kandydat stosował w tym celu trzy standardowe, uznane metody, tzn.:

1. Wyznaczał izotermiczną zmianę entropii pod wpływem pola magnetycznego popularną metodą „magnetyczną”, tj. wykonywał pomiary namagnesowania w funkcji temperatury dla szeregu ustalonych wartości pola magnetycznego, a następnie korzystał z termodynamicznej relacji Maxwella, zgodnie z którą pochodna entropii względem indukcji pola magnetycznego jest równa pochodnej namagnesowania względem temperatury.
2. W oparciu o zależność ciepła właściwego od temperatury zmierzoną w zerowym polu wyznaczał temperaturową zależność entropii i następnie, analizując ją w powiązaniu z wyznaczoną metodą „magnetyczną” izotermiczną zmianą entropii, szacował adiabatyczną zmianę temperatury pod wpływem pola (metodą tę zastosował w pracach H2 i H3).
3. Dokonywał pomiaru ciepła właściwego w funkcji temperatury przy kilku ustalonych wartościach pola magnetycznego, następnie korzystając z definicji ciepła właściwego i obliczając odpowiednią całkę wyznaczał zależność entropii od temperatury przy różnych wartościach pola i porównując te zależności wyznaczał zarówno izotermiczną zmianę entropii, jak i adiabatyczną zmianę temperatury pod wpływem pola (prace H4, H8-H10).

Badania te Kandydat uzupełniał często analizą potęgowej zależności maksymalnej izotermicznej zmiany entropii od pola magnetycznego w pobliżu punktu przemiany magnetycznej i wyznaczał wykładnik tej zależności. Wyznaczał też techniczne parametry charakteryzujące efekt magnetokaloryczny, tj. relative cooling power (RCP) i temperature averaged entropy change (TEC).

Należy jednak silnie podkreślić, że przedstawione prace nie są pracami technicznymi, a mają zdecydowanie charakter badań podstawowych w dziedzinie fizyki. Nie ograniczają się do analizy efektu magnetokalorycznego, a przedstawiają też dogłębne badania innych właściwości fizycznych wybranych materiałów, zaczynając od przedstawienia procesu ich syntezy, poprzez analizę ich struktury krystalicznej, omówienie wyników pomiarów uzupełniających, np. oporu elektrycznego, siły termoelektrycznej czy efektu Halla, i zestawienie wyników tych pomiarów z badaniami efektu magnetokalorycznego.

Uważam za rzecz naturalną, że w pracach o charakterze podstawowym mogą pojawić się elementy polemiczne, budzące pewne wątpliwości. W przypadku przedłożonego cyklu za taki element dyskusyjny uważam zastosowanie w pracach H2, H3 i H10 kryterium Banerjee do

analizy przejścia fazowego w antyferromagnetyku w niewielkim polu magnetycznym. Zgadzam się z Kandydatem, że wykresy Arrota, przedstawiające zależność kwadratu namagnesowania od stosunku natężenia pola magnetycznego do namagnesowania, są bardzo informatywne, niemniej jednak sformułowane na bazie tych wykresów oraz teorii przemian fazowych Landaua kryterium Banerjee nie stosuje się do antyferromagnetyków. Chodzi o to, że podstawą wprowadzenia tego kryterium jest rozwinięcie potencjału termodynamicznego materiału w szereg Taylora względem potęg parametru uporządkowania. Otóż w przypadku ferromagnetyków namagnesowanie jest dobrym parametrem uporządkowania, natomiast w przypadku antyferromagnetyków w zerowym (i słabym) polu magnetycznym – nie jest, gdyż ma wartość zerową zarówno w fazie nieuporządkowanej, jak i uporządkowanej. Tak więc zgadzam się z tezą dr. Synoradzkiego z pracy H10, że w silnym polu magnetycznym, przekraczającym wartość indukującą przejście spin-flop, namagnesowanie antyferromagnetyka jest dobrym parametrem porządku i w oparciu o kryterium Banerjee można stwierdzić, że przejście pomiędzy fazą paramagnetyczną i fazą „wymuszonego polem ferromagnetyka” jest przejściem drugiego rodzaju, ale z faktu, że w polu mniejszym od pola przejścia spin-flop krzywe Arrota zmieniają swój kształt i nachylenie, nie wynika, że zmienia się rodzaj przejścia paramagnetyk-antyferromagnetyk, gdyż wtedy namagnesowanie nie jest dobrym parametrem porządku. Ten drobny element polemiczny nie zmienia mojej wysokiej oceny zawartości merytorycznej przedstawionych prac. Uważam, że przedłożony cykl publikacji jest osiągnięciem stanowiącym znaczny wkład w rozwój fizyki ciała stałego, spełnia więc wymagania wymienione w art. 219 ustęp 2 pkt b Ustawy.

Ocena aktywności naukowej

Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej. Jest od 2015 roku adiunktem w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN, a w latach 2016-2019 był zatrudniony - w ramach grantu Maestro kierowanego przez prof. Dariusza Kaczorowskiego – w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN. Z kolei w latach 2019-2020 był zatrudniony w ramach projektu FNP First Team w Centrum NanoBioMedycznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Nieco słabszym elementem aktywności Kandydata jest brak nawet średnioterminowych, tj. dwu- lub trzymiesięcznych, staży w ośrodkach zagranicznych. Kandydat wspomina jedynie o kilku krótkich pobytach badawczych w ośrodkach w Niemczech (Berlin, Drezno) i Francji (Grenoble).

a/ Aktywność publikacyjna

Zgodnie z danymi z bazy Web of Science Kandydat opublikował dotąd 61 prac, które były cytowane 658 razy (519 razy bez autocytowań), a wskaźnik Hirscha cytowań wynosi 16. Dr Synoradzki jest też współautorem rozdziału: *Magnetic Stability of Fe-Mn-Ga Heusler Alloys* – autorzy: J. Dubowik, K. Synoradzki, I. Gościańska, Y. V. Kudryavtsev, w książce: J. Coleman, ed. – *Heusler alloys: structure, properties and applications*.

Przed doktoratem dr Synoradzki opublikował 15 prac, a więc po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat znacznie zwiększył swój dorobek naukowy i wykazuje dużą aktywność publikacyjną, a bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne świadczą o rozpoznawalności jego prac i zainteresowaniu nimi w środowisku fizyków materii skondensowanej.

b/ Aktywność „konferencyjna”

Dr Synoradzki aktywnie uczestniczy w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Przedstawił na nich 31 prac. Szkoda, że były to w większości prezentacje plakatowe i tylko 3 z nich były referatami ustnymi. Nieco rekompensuje ten niedostatek fakt, że Kandydat wygłosił też 5 wykładów w różnych ośrodkach krajowych i 1 w Helmholtz-Zentrum w Berlinie.

c/ Działalność organizacyjna

Bardzo istotnym, pozytywnym elementem aktywności Kandydata jest jego udział w komitetach organizacyjnych 6 międzynarodowych konferencji naukowych.

d/ Uzyskiwanie funduszy na badania

Kandydat był bądź jest wykonawcą w kilku projektach badawczych oraz w jednym europejskim projekcie o charakterze popularyzacji nauki, jednak sam kierował jedynie jednym grantem uzyskanym w konkursie NCN MINIATURA, tak więc korzystne byłoby zwiększenie aktywności Kandydata na tym polu.

e/ Działalność recenzencka

Kandydat prowadzi aktywną działalność recenzencką. Wykonał ok. 50 recenzji dla uznanych, międzynarodowych czasopism.

f/ Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Uwzględniając to, że dr Synoradzki pracował głównie w instytutach PAN, legitymuje się on imponującą liczbą 7 prac dyplomowych (inżynierskich, magisterskich i licencjackich), w których pełnił rolę opiekuna bądź promotora, oraz 3 prac doktorskich, w których był promotorem pomocniczym. Opiekował się też studentami odbywającymi staże i praktyki w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN. Aktywnie uczestniczy też w akcjach popularyzujących naukę. Pewnym niedostatkiem jego dorobku dydaktycznego jest to, że nie prowadził cyklicznych, semestralnych wykładów bądź ćwiczeń dla studentów. Jest to jednak zrozumiałe, gdyż – jak wspomniałem wyżej – pracuje głównie w jednostkach PAN.

Wniosek końcowy

Konkludując, uważam, że przedstawione przez dr. Karola Synoradzkiego osiągnięcie naukowe, w postaci cyklu powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych, stanowi znaczny wkład w rozwój fizyki fazy skondensowanej, zwłaszcza w rozwój wiedzy o efekcie magnetokalorycznym i innych właściwościach kilku grup materiałów międzymetalicznych. Poza tym cały dorobek naukowy Kandydata, na który składa się dorobek publikacyjny, aktywność konferencyjna, a także dorobek organizacyjny i dydaktyczny, świadczy o dużej aktywności naukowej Kandydata, realizowanej – głównie - w kilku krajowych instytucjach naukowych. Uważam więc, że dr Synoradzki spełnia wszelkie wymagania wymienione w art. 219 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z 20 lipca 2018 r., z późniejszymi zmianami, i dlatego występuję do Rady Naukowej Instytutu Fizyki Molekularnej PAN z wnioskiem o nadanie dr. inż. Karolowi Synoradzkiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie: nauki fizyczne.

/podpisał: prof. dr hab. Andrzej Szewczyk/