

Prof. dr hab. Radosław Przeniosło  
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

### **Recenzja rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego dr. inż. Adama Sieradzkiego**

Dr inż. Adam Sieradzki ukończył w 2002 r. studia na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. W latach 2002-2006 odbył studia doktoranckie na tym samym Wydziale, które zakończył uzyskaniem stopnia doktora nauk fizycznych. Obronił pracę doktorską pt. „Wybrane właściwości fizyczne i ferroelastyczne przejście fazowe kryształów  $\text{Li}_2\text{TiGeO}_5$ ”. Promotorem pracy był prof. dr hab. Ryszard Poprawski. Od 2006 do chwili obecnej dr inż. Adam Sieradzki pracuje na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej kontynuując badania przejść fazowych w kryształach o interesujących własnościach dielektrycznych.

Rozprawa habilitacyjna pt. „Mechanizmy ferroicznych przemian fazowych związków metalo-organicznych – badania dielektryczne i kalorymetryczne” stanowi zbiór jedenastu wieloautorskich artykułów, przedstawionych jako osiągnięcie naukowe, opublikowanych w latach 2014-2017 w większości w wysoko punktowanych czasopismach z listy filadelfijskiej. Do zbioru prac dołączone jest 16-stronicowe omówienie osiągnięcia naukowego.

Prace dotyczą kompleksowych badań ponad 10 związków metalo-organicznych (typu MOF) z ligandem mrówczanowym  $\text{HCOO}^-$ . Materiały te różnią się składem; zbadane zostały przypadki z pojedynczym jonem metalu (Mn), (Mg), (Zn), (Fe), (Co) oraz (Ni) oraz układy z mieszanymi jonami metali (Na,Fe), (Na, Cr) oraz ( $\text{Fe}^{\text{II}}$ ,  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ). Najwięcej prac dotyczy związków z grupą etyloaminową  $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2]$  (A1...A6, A8,A9) następnie z grupami:  $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2]$  (A5)  $[(\text{CH}_3\text{NH}_2\text{NH}_2)]$  (A10) oraz  $[(\text{NH}_2\text{CHNH}_2)]$  (A11). Prace przedstawiają bogaty materiał badawczy uzyskany metodami kalorymetrycznymi, spektroskopii dielektrycznej, spektroskopii ramanowskiej, absorpcji w podczerwieni, pomiarów namagnesowania uzupełniony badaniami dyfrakcji rentgenowskiej. Głównym wynikiem tych badań jest charakteryzacja licznych strukturalnych przejść fazowych poprzez badania dyfrakcji rentgenowskiej poszczególnych faz w temperaturach poniżej i powyżej przejścia a także charakteryzacja zmian własności dielektrycznych i magnetycznych związanych w ww przejściami. Bogaty materiał badawczy tych jedenastu prac powstał w ciągu zaledwie trzech lat (2014-2017) co świadczy bardzo dobrze o wydajności pracy i motywacji współpracujących zespołów.

Habilitant zadeklarował swój udział w pomiarach kalorymetrycznych oraz pomiarach dielektrycznych, a także w ich interpretacji. W przypadku niektórych prac był też pomysłodawcą całości pracy lub inicjatorem przeprowadzenia pozostałych badań. Wśród przedstawionych prac największy wkład habilitanta występuje dla A2 (70%), A6 (60%) oraz A9 (60%). Dla pozostałych prac wkład habilitanta wynosi między 20% a 25%. Oświadczenia współautorów nie pozostawiają wątpliwości co do wiodącej roli habilitanta w tej części badań. Stosunkowo najciekawsze wyniki dotyczą związku  $[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2][\text{Na}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}(\text{HCOO})_3]$ , któremu poświęcone są prace A1, A2 i A9 (dwie ostatnie z wkładem habilitanta powyżej 50%). W pracy A2 pokazano szczegółowy opis procesu stosunkowo skomplikowanej relaksacji dielektrycznej. Pokazano że potrzebne jest zastosowanie funkcji Mittaga-Lefflera (w fazie niskotemperaturowej) oraz funkcji Havriliak-Negami (w fazie wysokotemperaturowej). W pracy A1 pokazano, że przejście fazowe typu porządek-nieporządek jest związane ze skokowymi zmianami stałych sieci co wskazuje na silne efekty ferroelastyczne. Z kolei w pracy A9 przedstawiono szczegółowy opis struktury krystalicznej tego samego materiału, tj. jego fazy wysoko- oraz niskotemperaturowej przy użyciu jednoskośnych grup przestrzennych, odpowiednio,  $P2_1/n$  oraz  $Pn$ . Wyniki tych badań są interesujące głównie ze względu na liczbę stosunkowo nietypowych zachowań badanych materiałów wydaje mi się prawdopodobne, że wzbudzą one zainteresowanie w przyszłości.

W pracy (A5) opisane są badania związku mrówczanowego z jonami  $[\text{Fe}^{\text{II}}, \text{Fe}^{\text{III}}]$  w którym zachodzi przejście fazowe od struktury antyferroelektrycznej (R-3c) do paraelektrycznej (P-31c) w  $T=154\text{K}$  stowarzyszone z zachowaniem typu relaksora. Szczególnie interesujące są własności magnetyczne tego materiału związane z pojawieniem się słabego uporządkowania magnetycznego poniżej  $T=39\text{K}$  oraz spontaniczną zmianą znaku wypadkowego namagnesowania w pobliżu  $T=20\text{K}$ . Uporządkowanie magnetyczne zaobserwowano także w związkach  $[(\text{CH}_3\text{NH}_2\text{NH}_2)[\text{M}(\text{HCOO})_3]$  poniżej  $T=21\text{K}$  dla  $\text{M} = \text{Fe}$  oraz poniżej  $T=9\text{K}$  dla  $\text{M} = \text{Mn}$  (A10). Podobne wyniki uzyskano też dla  $[\text{CH}_3\text{C}(\text{NH}_2)_2][\text{Mn}(\text{HCOO})_3]$  gdzie słabe uporządkowanie ferromagnetyczne występuje poniżej  $9\text{K}$  (A11). Te wyniki badań uważam za szczególnie ważne. Habilitant zwraca uwagę na jednoczesne występowanie uporządkowania magnetycznego i ferroelektrycznego w niskiej temperaturze i sugeruje że może tu występować sprzężenie magnetoelektryczne a zatem, że ww związki mogą być typu 'multiferroic'. Jest to interesująca hipoteza, ale nie przeprowadzono badań wpływu pola elektrycznego na namagnesowanie lub wpływu pola magnetycznego na polaryzację elektryczną. Tak więc ewentualne sprzężenie magnetoelektryczne pozostaje na razie hipotezą.

Pozostałe prace stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego pokazują szereg skomplikowanych przejść fazowych i są ogólnie interesujące, ale trudno jedną z nich szczególnie wyróżnić. Przedstawione przez habilitanta omówienie najważniejszych wyników prac zawiera zestawienie rezultatów osobno dla struktur ferroelektrycznych, ferroelastycznych a także antyferroelektrycznych. Czytelnik nie znajduje odpowiedzi na pytanie o motywację wyboru tych

konkretnych składów. Czy próbowano syntetyzować inne składy, ale okazało się to niemożliwe? Czy może pominięto jakieś składy ze względu na ich własności? Czy na początku badań zakładano jakieś hipotezy? Zdaję sobie sprawę, że trudno przedstawić ilościowy model opisujący wszystkie własności charakteryzujące badane przejścia fazowe, ale np. przygotowanie zestawienia temperatur poszczególnych przejść fazowych w funkcji kationu metalu lub w funkcji kationu amoniowego, dimetyloamoniowego itd...pomogłoby może zauważyć jakieś regularności i odstępstwa. Podobnie np. zestawienie grup przestrzennych dla materiałów z poszczególnymi kationami. Zdecydowanie brakuje tu syntezy i opisu wyników z szerszego dystansu. Pomimo tych niedoskonałości wyniki badań opisane w pracach A1...A11 stanowią nowy zestaw faktów, który oceniam pozytywnie i który może być podstawą rozprawy habilitacyjnej.

Adam Siedlecki opublikował 8 prac przed doktoratem i 29 prac po doktoracie. Jego działalność po doktoracie była skupiona na badaniach innych związków metalo-organicznych, nanostruktur krzemowych, układów kompozytowych KDP, ADP oraz  $\text{KNO}_3$  w porowatych szklach a także monokryształów  $\text{Li}_2\text{TiGeO}_5$  oraz  $\text{Na}_2\text{TiGeO}_5$ . Najczęściej stosowaną metodą była spektroskopia dielektryczna i różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC). Na wyróżnienie zasługuje praca opisująca pomiary dwójłomności kryształów  $\text{Li}_2\text{TiGeO}_5$  wykonana w grupie M. Glazera w Oxfordzie. Ważnym wynikiem są też badania nieliniowych zjawisk optycznych wykonane wspólnie z grupą J.-Y. Bigot w Strasburgu.

Działalność badawcza Adama Sieradzkiego po doktoracie pokazuje że jest on aktywnym i dojrzałym badaczem, który ma za sobą znaczący dorobek naukowy. Był wykonawcą wielu grantów oraz miał zaproszone referaty na międzynarodowych konferencjach naukowych. Był też stypendystą programu Start FnP. Całkowita liczba jego 52 publikacji, indeks Hirscha,  $H=12$  oraz średnia liczba cytowań na artykuł: 8.6 plasują się w górnych strefach w porównaniu z dorobkiem typowych kandydatów do habilitacji w dziedzinie fizyki materii skondensowanej. Na wyróżnienie zasługuje też bardzo krótki czas wykonania badań na których oparta jest habilitacja (2014-2017).

Adam Sieradzki ma imponujący dorobek dydaktyczny. Zdobył nagrodę Rektora PWr oraz nagrodę najlepszego wykładowcy wszystkich uczelni Wrocławia. Wygłosił długi szereg wykładów w cyklu Red Bull Ryzyk Fizyk. Jego umiejętności i talenty dydaktyczne nie wymagają żadnych dodatkowych uzasadnień.

Stwierdzam, że dr inż. Adam Sieradzki spełnia ustawowe i zwyczajowe warunki stawiane kandydatom do habilitacji i wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Radosław Przeniosło