

UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
WYDZIAŁ FIZYKI, ASTRONOMII I INFORMATYKI STOSOWANEJ

Prof. dr hab. Andrzej Michał Oleś

O C E N A
rozprawy doktorskiej "Weryfikacja symetrii sieci
krystalicznej i magnetycznej wybranych materiałów"
Pana mgra Piotra Fabrykiewicza

Pan mgr Piotr Fabrykiewicz ukończył studia fizyki w Uniwersytecie Warszawskim i uzyskał tytuł magistra fizyki w roku 2017. Od 1 października 2017 roku jest doktorantem w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Ponieważ kieruje nim ciekawość badawcza, jest on zaangażowanym doktorantem, poszukującym wciąż nowych problemów badawczych i ich rozwiązań.

Działalność naukowa p. Piotra Fabrykiewicza, zwanego dalej Autorem, koncentruje się wokół zagadnień związanych z symetrią sieci krystalicznej lub magnetycznej wybranych materiałów, głównie tlenków metali przejściowych lub chromu. Po przekazaniu informacji wstępnych, wyniki badań eksperymentalnych omówiono w pięciu rozdziałach. Badania te doprowadziły do powstania cyklu ośmiu prac opublikowanych w czasopiśmie (numery [DX] dotyczą numeracji podanej przez Autora na stronach 4-5 rozprawy doktorskiej):

- Acta Crystallographica A, 4 prace ([D1], [D3], [D6] i [D8]);
- Acta Crystallographica B, 2 prace ([D4] i [D7]);
- Physical Review B, 1 praca ([D2]), oraz
- Physica B, 1 praca ([D5]).

Ostatnia z wymienionych prac (praca [D8]) ukazała się już po złożeniu rozprawy doktorskiej. Powyższe prace zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopiśmie międzynarodowych o szerokim zasięgu, co potwierdza ich istotny wkład do nauki światowej. Nie ulega wątpliwości, że sformułowany i rozwiązany w nich problem badawczy jest oryginalny i interesujący. Tym samym został spełniony warunek opublikowania pracy doktorskiej, nie będący wprawdzie warunkiem ustawowym ale świadczący dobitnie o istotności poruszanej w nich tematyki. Ponadto, trzy inne prace są tematycznie związane z tematem rozprawy i stanowią istotny materiał uzupełniający.

Na wstępie warto podkreślić, że wśród prac składających się na doktorat brak prac monoautorskich; siedem prac powstało w niezbyt licznych zespołach 3-5 osobowych a tylko jedna praca [D8] w liczniejszym zespole ośmiu autorów. Prace zespołowe są w badaniach doświadczalnych w fizyce obecnie zjawiskiem powszechnym. Osiągnięcie liczących się wyników naukowych w fizyce eksperymentalnej jest bowiem możliwe jedynie poprzez wspólny wysiłek dość licznej grupy badawczej, korzystającej z wysokiej jakości próbek wyprodukowanych przez specjalistów oraz z nowoczesnej aparatury. O wysokim poziomie tych prac i prezentowanych w nich wyników najlepiej świadczy fakt, że ukazały się one w bardzo dobrych czasopiśmie fizycznych.

Obowiązkiem recenzenta jest w tej sytuacji jednak ustalenie, w jakim stopniu prace objęte rozprawą stanowią samodzielny dorobek naukowy doktoranta. Jest to możliwe dzięki deklaracji promotora o dużej samodzielności doktoranta. Ponadto, w pracach opublikowanych po roku 2018 pan Piotr Fabrykiewicz jest zawsze pierwszym autorem prac. W tym to właśnie okresie powstały najistotniejsze wyniki Autora. Mówiąc o tych najnowszych pracach z roku 2021 Pan prof. Radosław Przeniosło stwierdził: *"W powstaniu tych prac wykazał się ponadprzeciętną samodzielnością"*.

W tej sytuacji stwierdzam, że rozprawa doktorska p. mgra Piotra Fabrykiewicza została opublikowana, a wszystkie osiem prac wchodzących w skład rozprawy stanowią samodzielny dorobek naukowy Doktoranta. W związku z tym przedstawiona rozprawa doktorska może być rozpatrywana jako podstawa do uzyskania przez Niego stopnia doktora nauk fizycznych.

AM

Przejdę teraz do szczegółowej analizy wyników zawartych w pracach opublikowanych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, dyskutując wybrane wyniki i osiągnięcia Autora (cytowane numery [D1]–[D8] odnoszą się do prac objętych rozprawą wg kolejności przyjętej przez Autora):

(1) Rozprawa rozpoczyna się od omówienia dyfrakcji promieniowania jako metody badawczej. Zasadnicze znaczenie ma tutaj prawo Braggów, które zostało moim zdaniem dobrze omówione w rozdziale 1. Doktorant zwraca uwagę na anomalną różnicę szerokości, która jest obserwowana w FWHM (*full width at half maximum*). Autor słusznie zauważa, że źródła poszerzenia można podzielić na dwie kategorie: (i) porzerzenie instrumentalne oraz (ii) poszerzenie spowodowane morfologią próbki. W miarę możliwości należy wyeliminować błędy systematyczne. Autor posługuje się metodą Rietvelda, która sprowadza się do podania optymalizacji widma dyfrakcyjnego przy pomocy metody najmniejszych kwadratów. Zdaniem recenzenta niewłaściwe jest tłumaczenie metody jako "*udokładnianie parametrów*". Bardziej oddaje ideę metody tłumaczenie "*uściślanie parametrów*". Jest to jednak problem czysto semantyczny, nad którym nie warto dłużej się zatrzymywać.

(2) Rozdział 1 kończy opis szczegółów technicznych przeprowadzonych eksperymentów dyfrakcyjnych. Dlatego jest tu mowa o związkach MX_2 oraz o chromie. Wydaje się, że lepsze byłoby omówienie tych szczegółów przy okazji dyskusji konkretnych materiałów niż podana tu próba syntezy wyników pomocniczych, która odwraca uwagę.

(3) Rozdział drugi zawiera omówienie wyników dla związków o strukturze korundu. Wyniki te są zawarte w pracach opublikowanych [D4] i [D7]. Obserwowane trendy zostały pokazane w postaci zbiorów punktów na płaszczyźnie $(2\theta, \beta)$, przy czym punkty połączono linią, co pokazano na rys. 2.3 – 2.6. Takie przedstawienie wprawdzie oddaje charakter zależności ale niepotrzebnie eksponuje błędy pomiaru. O wiele bardziej profesjonalne byłoby przedstawienie tych zależności w postaci linii dofitowanych metodą najmniejszych kwadratów do punktów eksperymentalnych oraz przeprowadzenie analizy parametrów fitu. Porównanie zmian parametrów takiego fitu w funkcji temperatury mogłoby dać dodatkową informację.

(4) Na rys. 2.9 Autor pokazuje, że każda z omawianych struktur jest odkształcona. Przeprowadzona analiza pokazuje, że odchylenia stałej sieci c_h oraz objętości komórki elementarnej V_h są mniejsze niż ich niepewności statystyczne.

(5) Symetrię materiałów o strukturze rutylu owówiono w rozdziale 3. Przeprowadzona analiza za pomocą dwóch modeli pozwala na sformułowanie ostatecznych wniosków. Analiza stanu magnetycznego związku $\beta\text{-MnO}_2$ rozstrzyga problem uporządkowania magnetycznego na korzyść fali gęstości spinowej. Wyniki opublikowano w pracach [D2] i [D3]. Opracowanie wyników na rys. 3.3 oraz 3.5-3.7 koncentruje się znowu na szczegółach a nie na syntetycznym podejściu do omawianych zagadnień. Sprawia to błędne wrażenie i nie eksponuje faktycznych osiągnięć doktoranta, których moim zdaniem nie brakuje. Należy do nich m.in. podany opis temperaturowych zależności parametrów sieci dla $\beta\text{-MnO}_2$ oraz MnF_2 .

(6) W rozdziale 4 Autor dyskutuje strukturę chromu. Jest to stary i wciąż nierozwiązany problem. Podano jednoskośną strukturę chromu oraz jej zależność od temperatury. Wyniki tej analizy znalazły się w pracy [D5]. Ten rozdział kończy konkluzja o ustaleniu niewielkiej różnicy odległości d_1 i d_2 .

(7) Kolejny rozdział dotyczy uporządkowań magnetycznych bez modulacji. Wyniki opublikowano w pracach [D6] i [D8]. Autor podaje tu bardzo istotne uproszczenie klasyfikacji magnetycznych grup przestrzennych. Przedstawiona tu klasyfikacja pozwala odpowiedzieć na pytanie *Które magnetyczne grupy przestrzenne mogą opisać dany mod magnetyczny*. Rozdział ten uzupełnia obszerna tabela 5.5.

(8) Pracę kończy rozdział 6, w którym Autor przedstawia klasyfikację modulowanych uporządkowań magnetycznych typu helisy i cykloidy. Wyniki przedstawione w tym rozdziale ujęto w tabelach 6.2-6.5 oraz przedstawiono w pracy [D1]. Na rys. 6.1 brak opisu pokazanego tutaj wektora $\mathbf{k}$, co utrudnia zrozumienie treści rysunku. Podobne braki wykazują rys. 6.2 i 6.3. Lepsze objaśnienie treści tych rysunków umożliwiłoby ich wykorzystanie przez innych naukowców.

(9) Podsumowanie rozprawy zawiera próbę syntezy i wykazuje, że obniżanie symetrii w kierunku symetrii jednoskośnej ma dwójaki charakter: dwie klasy związków charakteryzuje znak iloczynu $\delta\alpha\delta\gamma$, gdzie $\delta\alpha$ i $\delta\gamma$ są zmianami kątów heksagonalnych danej struktury. Znak tego iloczynu powiązано z tendencją do tworzenia wiązania metal-metal podaną przez Goodenough'a. Podsumowanie zawiera również dwie wartościowe tabele: Tab. 6.6 pokazująca możliwe obniżenia symetrii w omawianych układach oraz Tab. 6.7. zawierająca podsumowanie klasyfikacji modów magnetycznych.

Czytając rozprawę zauważyłem pewne drobne błędy, jednak całościowo materiał został opracowany starannie i zawiera szereg wartościowych informacji. Drobne niedociągnięcia w redakcji pracy (niezręczne sformułowania, powtórzenia, nieliczne błędy w pisowni) nie wpływają na moją bardzo pozytywną opinię o rozprawie.

Podsumowując stwierdzam, że w pracy doktorskiej otrzymano szereg nowych informacji i podano uporządkowanie struktur magnetycznych w wybranych materiałach. Nie wszystkie osiągnięcia Autora byłem w stanie w pełni docenić, ponieważ sam nie prowadzę badań eksperymentalnych oraz nie zajmuję się symetrią kryształów. Niemniej jednak jestem przekonany, że prace wykonane przez doktoranta istotnie wzbogaciły wiedzę o badanych uporządkowaniach magnetycznych. Okazją do pewnej refleksji jest podsumowanie wykonanych badań przedstawione na zakończenie rozprawy. Pomimo bogatego materiału przedstawionego w tabelach 6.6 i 6.7, pozostaje jednak uczucie pewnego niedosytu. Pewnym wzbogaceniem tej części rozprawy byłoby mianowicie podanie planów naukowych oraz identyfikacja otwartych nadal problemów badawczych. W takim właśnie przypadku ta bardzo solidnie wykonana praca doktorska zakończyłaby się pełnym sukcesem.

Łącznie Pan mgr P. Fabrykiewicz brał udział w 11 publikacjach wg bazy danych *Web of Science* w okresie do 12 sierpnia 2021. Dorobek ten jest łącznie jak na doktorat znakomity, ponieważ często prace doktorskie powstają jedynie w oparciu o wyniki badań, które dopiero po uzyskaniu stopnia doktora są publikowane. Dlatego uważam, że dorobek publikacyjny doktoranta jest znakomity i z nadmiarem wystarczający do spełnienia zwyczajowych wymagań dla kandydatów do stopnia doktora nauk fizycznych.

Prace pana Piotra Fabrykiewicza były cytowane wg *Web of Science* w okresie do 5 sierpnia 2021 łącznie 28 razy co jest bardzo dobrym wynikiem dla doktoranta i świadczy o aktualności podjętej tematyki badawczej. Jednocześnie pragnę zauważyć, że prace powstałe w roku 2018 lub wcześniej mogłyby być nieco liczniej cytowane. To te prace składają się na indeks Hirscha, który wynosi $h = 4$ i jest typowy na tym etapie kariery naukowej w fizyce. Najliczniej cytowana praca, P. Fabrykiewicz and R. Przeniosło, *Distortion of the crystal structure of MnO at ambient conditions*, *Physica B* **489**, 56-62 (2016), uzyskała już 6 cytowań. Powstała ona jeszcze przed ukończeniem studiów i nie wchodzi w zakres rozprawy doktorskiej. Spośród prac objętych doktoratem najliczniej cytowana była praca: *Deformations of the α -Fe₂O₃ rhombohedral lattice across the Néel temperature*, Fabrykiewicz, P; Stekiel, M; (...); Przeniosło, R, *Acta Cryst. B* **73**, 27-32 (2017), cytowana dotychczas 5 razy. Trzy najnowsze prace powstały w roku 2021 i zgodnie z oczekiwaniami nie były dotychczas cytowane. Biorąc pod uwagę fakt, że kilka innych prac powstało bardzo niedawno i wszystkie obecne liczby cytowań są zapewne jeszcze dość odległe od wartości asymptotycznych, proponuję uznać wyniki dotyczące cytowalności prac za ponad dobre.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę kandydata w teorii materii skondensowanej oraz dokumentuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez kandydata. Przedmiotem pracy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Dorobek naukowy Pana Piotra Fabrykiewicza jest wystarczający i spełnia z nadmiarem przyjęte zwyczajowo standardowe wymagania dla kandydatów do stopnia doktora nauk fizycznych, zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym.

Wszystkie podane powyżej okoliczności pozwalają mi stwierdzić, że, pomimo wymienionych powyżej uwag krytycznych, Pan mgr Piotr Fabrykiewicz uzyskał wartościowe wyniki w swojej rozprawie doktorskiej, które stanowią istotny wkład do nauki światowej. Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgra Piotra Fabrykiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Andrzej Michał Oleś

Kraków, 12 sierpnia 2021 roku.

UNIwersytet Warszawski
BIURO RAD NAUKOWYCH

2021-08-20

WPŁYNEŁO

L.dz. 484 Podpis: *fm*