

Dr hab. Jan Chojcan, prof. UWr.
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Fizyki i Astronomii
Uniwersytet Wrocławski
Pl. M.Borna 9
50-204 Wrocław

Wrocław, 22.08.2016

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Karoliny Jasek
pt.: "Fale gęstości ładunkowej w nadprzewodnikach na bazie żelaza badane
metodą spektroskopii mössbauerowskiej",

wykonanej pod kierunkiem dra hab. inż. Artura Błachowskiego,
prof. Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Rozprawa doktorska mgr Aleksandry Jasek poświęcona jest zbadaniu procesów elektronowych jakie mają miejsce w wybranych materiałach zawierających żelazo, podczas przechodzenia tych materiałów ze stanu normalnego do nadprzewodnictwa wraz z obniżaniem ich temperatury poniżej temperatury krytycznej. Wiodącą rolę w tych badaniach odgrywa spektroskopia mössbauerowska ^{57}Fe , za pomocą której pozyskiwane są informacje odnośnie oddziaływań nadsubtelnych jąder ^{57}Fe , będących naturalnym składnikiem badanych materiałów.

Głównym celem pracy było sprawdzenie czy wspomniane procesy elektronowe mają istotny wpływ na rejestrowane przez spektroskopię mössbauerowską ^{57}Fe parametry oddziaływań nadsubtelnych próbnika jądrowego tj. powodują mierzalne zmiany tych parametrów a co za tym idzie czy wymienioną wyżej technikę badawczą można wykorzystać do obserwacji przejścia ze stanu normalnego do nadprzewodnictwa w przypadku wybranych materiałów.

Wybór obiektu badań a także głównej metody badawczej nie został dokonany przypadkowo. Różne nadprzewodniki wieloskładnikowe na bazie żelaza są odkrywane od prawie dziesięciu lat i wiąże się z nimi określone nadzieje ze względów aplikacyjnych ponieważ ich temperatura krytyczna jest relatywnie wysoka chociaż zazwyczaj niższa od temperatury ciekłego azotu. Aby móc świadomie ingerować w wartość temperatury krytycznej danego układu np. poprzez zmianę względnego udziału jego składników, trzeba umieć śledzić istotne charakterystyki elektronowe układu zwłaszcza w funkcji jego temperatury. Można tego dokonywać za pomocą różnych technik przy czym w przypadku układów zawierających żelazo metody wykorzystujące sondy mössbauerowskie należą do tych szczególnie skutecznych.

Uwzględniając powyższe tematykę rozprawy uważam za jak najbardziej aktualną a zadanie przewidziane do realizacji określone w taki sposób, że już w fazie planowania można było mieć uzasadnioną nadzieję, iż realizacja zadania zakończy się sukcesem.

Rozprawa liczy prawie 100 stron. Składa się, poza wstępem zawierającym cel pracy, z trzech zasadniczych części, po których jest podsumowanie, wykaz ilustracji i tabel oraz bibliografia czyli jej układ odbiega nieco od typowego dla rozpraw doktorskich, charakteryzującego się dwoma zasadniczymi częściami.

Pierwsza część pracy, zawarta na 8 stronach, oparta jest na dostępnej literaturze. Przybliży ona czytelnikowi w bardzo syntetyczny sposób istotne cechy nadprzewodników a w tym tych będących przedmiotem zainteresowania Autorki czyli warstwowych nadprzewodników na bazie żelaza zawierających warstwy Fe-As. W szczególności w tej części pracy Autorka przedstawia istotne informacje literaturowe o nadprzewodnikach $Ba_{0.6}K_{0.4}Fe_2As_2$ oraz $SmFeAsO_{1-x}F_x$, które zostały zbadane w ramach recenzowanej pracy.

Druga część pracy doktorskiej mgr Aleksandry Jasek jest znacznie dłuższa od pierwszej. Liczy 39 stron. Poświęcona jest spektroskopii mössbauerowskiej, głównej metodzie badawczej stosowanej przez Autorkę. Ta część pracy podobnie jak pierwsza oparta jest na informacjach pochodzących ze źródeł zewnętrznych jednak nie wszystkie z tych źródeł są dostępne albo mówiąc mniej rygorystycznie, łatwo dostępne co stanowi też pewne utrudnienie dla recenzenta. Chodzi o pozycje literaturowe nr 43, 44, 51 i 52, do których dostęp mają jedynie użytkownicy/posiadacze programu komercyjnego Mosgraf-2009. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że pozycja nr 51 nie jest w ogóle cytowana a pozycja nr 52 tylko raz (na str. 55) podczas gdy można podejrzewać, że powinna być cytowana jeszcze 4 razy na stronach 51-54 gdzie pojawia się odniesienie do pozycji 42 a można by oczekiwać takiej o numerze 51 lub 52. Mocną stroną drugiej części pracy jest jej niestandardowa zawartość obejmująca opis istotnych dla techniki mössbauerowskiej parametrów spektroskopowych z szerokim wykorzystaniem mechaniki kwantowej, niespotykanym w dostępnych monografiach poświęconych tej technice. To pozytywne wrażenie wzmacnia dodatkowo fakt, że kluczowa treść tej części pracy, dotycząca fal gradientu pola elektrycznego, zawiera odnośniki tylko do publikacji, których współautorką na pierwszym miejscu jest pani mgr. Aleksandra Jasek. Rodzi to przekonanie, że prace p. mgr. Jasek są pionierskie w tym względzie a przejrzanie zasobów internetowych tylko utwierdza mnie w tym przekonaniu. Jednocześnie, jak się wydaje, stosunkowo duża liczba przedstawionych wywodów matematycznymi sprawia, że Autorka nie znajduje już miejsca na tradycyjne, rysunkowe formy prezentacji zarówno sposobu pomiaru widm mössbauerowskich jak i ich parametrów uwarunkowanych oddziaływaniami nadsubtelnymi próbników jądrowych z

otoczeniem ładunkowym. Trochę to niepokoi bo z doświadczenia wynika, że tego typu ilustracje zawsze sprzyjają łatwiejszemu kontaktowi czytelnika z przekazywanymi treściami zwłaszcza gdy te ostatnie zdominowane są przez związki matematyczne. Ponadto uważam, że kolejność prezentacji różnych kwestii związanych ze spektroskopią mössbauerowską posiada niewielkie mankamenty. W szczególności paragraf 2.2 zatytułowany „Oddziaływania nadsubtelne” pojawia się już po omówieniu jednego z tych oddziaływań – elektrycznego oddziaływania monopolowego, przy czym podczas tego omawiania nie używa się w stosunku do niego określenia oddziaływanie nadsubtelne. Z kolei widmo mössbauerowskie a właściwie analityczny opis widma absorpcyjnego pozwalający się domyślać, że chodzi o widmo mössbauerowskie jest treścią paragrafu 2.3 (str. 35) podczas gdy sam termin widmo odnoszący się do widma mössbauerowskiego pojawia się już w paragrafie 2.1 – tj. na stronie 26 i 27, czyli kilka stron wcześniej. W końcu opis spektrometru mössbauerowskiego i jego działania znajdujemy po paragrafie 2.3 na str. 42 i dopiero wówczas, po przeczytaniu ok. połowy pracy, czytelnik ma szansę wyrobić sobie pogląd na to jakim urządzeniem jest wspomniany spektrometr oraz jak jest rejestrowane widmo mössbauerowskie przy czym to ostatnie dotyczy niestety czytelnika wcześniej zaznajomionego z tym tematem.

Trzecia część rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Jasek liczy 21 stron. Zawiera opis działań jakie zostały podjęte, żeby Autorka osiągnęła wyznaczony cel badawczy. Działania te dotyczyły zarówno otrzymania materiału do badań, który stanowiły polikrystaliczna próbka $Ba_{0.6}K_{0.4}Fe_2As_2$ oraz monokryształy $SmFeAsO_{0.91}F_{0.09}$ jak i zgromadzenia danych doświadczalnych, termodynamicznych, elektrycznych i magnetycznych, świadczących o nadprzewodzących właściwościach tych materiałów a w tym umożliwiających określenie temperatur krytycznych. Efektem tych działań było wybranie temperatur z przedziału 4.2-70 K, w których próbki te są w różnych stanach nadprzewodzących lub normalnym a następnie dokonanie pomiaru widm mössbauerowskich dla wspomnianych próbek będących w wybranych temperaturach a także dodatkowo w 80 K i 300 K. Wszystkie powyższe dane zostały szczegółowo omówione a w przypadku widm mössbauerowskich ^{57}Fe także odpowiednio przetworzone w celu otrzymania użytecznych informacji. To przetworzenie jest bardzo nowatorskie, ponieważ dopuszcza możliwość wystąpienia w badanych materiałach modulacji gęstości ładunku elektronów, niewspółmiernej z okresem sieci krystalicznej przy czym ta modulacja dotyczy elektronów o różnym orbitalnym momencie pędu l i może być rejestrowana przez jądra ^{57}Fe na dwa sposoby - dzięki ich oddziaływaniu elektrycznemu monopolowemu z elektronami o $l = 0$ poprzez określone położenie widma na skali energii oraz dzięki oddziaływaniu elektrycznemu kwadrupolowemu z elektronami o $l > 0$ poprzez wystąpienie rozszczepienia (lub przesunięcia) linii widma. To ostatnie oddziaływanie

zapisywane jest standardowo za pomocą gradientu pola elektrycznego wytworzonego przez otoczenie ładunkowe w miejscu przebywania jądra stąd w pracy przyjęto, że w przypadku modulacji gęstości elektronów z $l > 0$ mamy do czynienia z falą gradientu pola elektrycznego natomiast w przypadku elektronów z $l = 0$ – falą gęstości ładunku elektronów. Muszę przyznać, że w tym miejscu być może dokonałem pewnej nadinterpretacji tego co pisze Autorka ale takie spojrzenie na termin fala gradientu pola elektrycznego wynika z proponowanego przez Autorkę wyjaśnienia otrzymanych wyników. Przyjęcie wspomnianego wyżej założenia odnośnie występowania w badanych materiałach modulacji gęstości ładunku elektronów o różnym l okazuje się być strzałem w dziesiątkę ponieważ parametry modelowej fali gradientu pola elektrycznego z jednej strony dają się wyznaczyć a z drugiej okazują się korelować z procesami elektronowymi związanymi z przechodzeniem badanych materiałów od stanu normalnego do nadprzewodnictwa. Jednocześnie określenie parametrów fali gęstości ładunku elektronów w oparciu o zmierzone widma mössbauerowskie nie jest możliwe chociaż o zmienności tych parametrów można sądzić pośrednio np. na podstawie zachowania modelowej szerokości linii absorpcyjnej dla badanego materiału i jak się okazuje także w tym przypadku występuje korelacja między parametrami mössbauerowskimi oraz charakteryzującymi stan nadprzewodnictwa. Biorąc powyższe pod uwagę można z pełnym przekonaniem stwierdzić, że wyznaczony cel pracy został w pełni osiągnięty a niejako przy okazji została udostępniona badaczom kolejna, nowa metoda obserwacji procesów elektronowych zachodzących w materii, dająca unikalne informacje poznawcze przynajmniej w przypadku nadprzewodników z modulacją gęstości ładunku elektronów. Dzięki zastosowanemu, wspomnianemu wyżej, nowatorskiemu opracowaniu widm mössbauerowskich Autorka mogła ocenić z jakiego typu elektronów, s ($l = 0$) czy d ($l = 2$), powstały pary Coopera w badanym nadprzewodniku podczas jego przechodzenia od stanu normalnego do nadprzewodnictwa.

Strona redakcyjna pracy ma szereg mankamenty, dla których trudno jest znaleźć inne uzasadnienie jak mało staranne przeczytanie dysertacji już po jej wydrukowaniu lub brak czasu na to by na dostrzeżone mankamenty zareagować. Oto przykłady niektórych z nich:

- a) słaba jakość rysunków 1 i 2;
- b) brak odniesień do rys. 1, 2, 3, 5a i 5b;
- c) anglojęzyczne opisy na większości rysunków;
- d) operowanie określeniami i symbolami przed ich wyjaśnieniem, np. pierwsze pole krytyczne – użyto na str.12 a objaśniono na str.13;
- e) powtarzanie niektórych objaśnień, np. h kreślone objaśniono na str. 22 i 28;

f) niezamieszczanie pewnych objaśnień – np. nie wiadomo dlaczego wzory na parametry energetyczne δ (str. 26), δ_D (str. 27) a_i (str.32), A_{ij} (str. 32) mają wymiar prędkości a nie energii albo podpisy do rys. 20 i 27 nie zawierają informacji jakich materiałów dotyczą;

g) używanie różnych określeń na to samo: np. pary Coopera i Cooper'a (str. 14) albo dopasowanie modelu/funkcji do danych doświadczalnych (str. 64, 65, 66, 75) - dobre i dopasowanie danych doświadczalnych do modelu/funkcji (str. 44, 45, 46, 67) – złe;

h) używanie niewłaściwego określenia „zważono” zamiast „odważono” na str. 65;

i) błędne odwołanie na str. 63 do rys. 6;

j) niewłaściwe odesłanie na str. 70 do pozycji literaturowych nr 63 i 64;

k) brak ujawnienia na str. 64, że omawiane jest to co przedstawia rys. 17.

Jednak wymienione wyżej oraz te niewymienione (np. błąd literowy we wzorze (1) na str. 23), szeroko pojęte „przejęzyczenia”, niedomówienia oraz potknięcia gramatyczne i chronologiczne nie są tym co sprawia, że czuję pewien niedosyt w związku z treściami tej bardzo ciekawej i nowatorskiej pracy. Tym czymś jest nieujawnienie w niej informacji o tym na ile inne testowane modele widma, np. sygnalizowany w pracy model będący kombinacją liniową dwóch dubletów, są gorsze od przyjętego jeżeli za kryterium poprawności przyjmą wartość wariancji dopasowania χ^2 .

Kończąc swoją wypowiedź, pragnę wyraźnie podkreślić, że powyższe krytyczne uwagi odnośnie pracy nie zmieniają faktu, że przedstawiona rozprawa doktorska zawiera bardzo wartościowe i oryginalne wyniki, których część weszła w skład 2 artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie z listy A Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jednocześnie Autorka rozprawy wykazała się odpowiednią wiedzą literaturową, którą właściwie wykorzystała zarówno do określenia celu pracy i sposobów jego realizacji jak i późniejszej interpretacji otrzymanych wyników. Ponadto z ocenianej pracy wynika, że mgr Aleksandra Jasek jest sumiennym badaczem potrafiącym samodzielnie rozwiązywać istotne problemy naukowe, umiejętnie dobierając narzędzia badawcze.

Reasumując, moim zdaniem, przedstawiona mi do oceny praca mgr Aleksandry Karoliny Jasek pt.: "Fale gęstości ładunkowej w nadprzewodnikach na bazie żelaza badane metodą spektroskopii mössbauerowskiej ", spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (art. 13). Wnoszę o dopuszczenie doktorantki do publicznej obrony powyższej rozprawy oraz uznanie jej za wyróżniającą.