

**Ocena dorobku naukowego i dydaktycznego
dr hab. Ryszarda Radwańskiego
z dnia 12 listopada 2001 dla Rady Wydziału
w związku z wystąpieniem
o tytuł profesora nauk fizycznych**

*Prof. dr hab. Karol Krop
Akademia Górniczo-Hutnicza
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej
Zakład Fizyki Ciała Stałego*

tel.(48)(12) 617 29 02 fax (48)(12) 634 12 47; krop@uci.agh.edu.pl

(published 31 December 2007; online: www.actaphysica.eu)

Dr hab. R. Radwański jest absolwentem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Studia w zakresie specjalizacji fizyka ciała stałego ukończył w 1974 roku pracą dyplomową na temat struktury krystalicznej chromitów aluminiowo-litowych. Tego samego roku został zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego AGH, w którym to Zakładzie wykonał swoją pracę dyplomową. Swoje zainteresowania rozwija w Zespole Badań Strukturalnych i w roku 1982 obronił pracę doktorską pt. „Rozszerzalność termiczna związków międzymetalicznych $Dy_2(Fe-M)_{17}$, ($M= Co$ i Al)”, na podstawie której Rada Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki przyznała Mu tytuł doktora nauk fizycznych. Istotnym wkładem tej pracy do możliwości eksperymentalnych ZFCS było zbudowanie kriostatu przepływowego do pomiaru widm XRD w przedziale temperatur (77 - 300) K.

Po doktoracie dr hab. R. Radwański wyjechał na roczny staż do Natuurkundig Laboratorium Uniwersytetu w Amsterdamie (1983/84). Owocna współpraca z zespołem prof. J. J. M. Franse tak spodobała

się gospodarzom, że do zespołu tego dr hab. R. Radwański był zapraszany jeszcze przez dwa dwuletnie okresy w latach 1987/89 i 1990/92 oraz na szereg krótkoterminowych wizyt pomiędzy tymi okresami. W tym okresie dr hab. R. Radwański zajmuje się głównie teorią magnetyzmu, interpretacją krzywych magnesowania związków RE-TM. Główne osiągnięcie tego okresu to napisanie i uruchomienie programu komputerowego umożliwiającego obliczenia krzywych magnesowania związków międzymetalicznych RE-TM 3d w silnych polach magnetycznych. Pozwolił on przewidzieć przejście metamagnetyczne w Dy_2Fe_{17} . Przejście to zaobserwowano 8 lat później w polu 45 T.

Niezmiernie korzystnym (owocnym) okazał się fakt, że pobyt dr hab. R. Radwańskiego w Amsterdamie zbiegł się z okresem realizacji dużych projektów badawczych finansowanych przez Unię Europejską. Dr Radwański nie tylko aktywnie uczestniczył w tych projektach, ale wniósł znaczny wkład do ich realizacji. Do programów tych należały:

1. Concerted European Action on Magnets (CEAM, CEAM-2, CEAM-3), w którego realizacji uczestniczyło około 100 europejskich laboratoriów,
2. Basic Interactions in Rare-Earth Magnets (BIREM), który obejmował współpracę laboratoriów Amsterdamu, Grenoble, Paryżu i Saragossy.

W tym drugim programie, zgodnie z opinią prof. Franse, dr Radwański „was active in the formulation of the main scientific goals”.

Ten znaczący wkład dr Radwańskiego do fizyki związków międzymetalicznych RE-TM polegał na zwróceniu uwagi na istotną rolę pola krystalicznego w tych związkach, w szczególności na rolę parametrów wyższych rzędów tego pola. Oddziaływanie jonów ziem rzadkich z polem krystalicznym tłumaczyło pochodzenie dużej anizotropii magnetokrystalicznej oraz że dominująca jest anizotropia jednojonowa. To podejście pozwoliło także wyjaśnić skoki na krzywych magnesowania w silnych polach magnetycznych dla związków magnetycznie twardych, związane z łamaniem ich struktury ferrimagnetycznej. W zakresie tej tematyki dr Radwański habilitował się na podstawie rozprawy pt.: „Oddziaływania wymienne i anizotropia magnetokrystaliczna w związkach ziemia rzadka z metalem przejściowym 3d”. Kolokwium habilitacyjne odbyło się w 1990 roku przed Radą Naukową Instytutu Fizyki PAN w Warszawie. Po habilitacji dr hab. R. Radwański napisał i uruchomił programy komputerowe, które pozwalają obliczyć strukturę energetyczną jonów 4f, 5f oraz 3d w polu krystalicznym o danej symetrii oraz ciepło właściwe, podatność i namagnesowanie w funkcji temperatury. W przypadku jonów 3d zostało uwzględnione oddziaływanie spin-orbita.

O uznaniu roli dr hab. R. Radwańskiego, jaką odegrał w tworzeniu wiedzy na temat związków międzymetalicznych RE-TM najdobitniej

świadczy fakt współautorstwa (razem z prof. J. J. M. Franse) dwóch przeglądowych prac monograficznych wydrukowanych jako rozdziały w książkach wydanych za granicą:

1. "Magnetic properties of binary rare-earth 3d transition metal intermetallic compounds" w „Handbook of magnetic Materials”, ed. K. H. J. Buschow (North Holland, 1993), t.7, s.307-502 (prawie dwieście stron!) oraz
2. "Intrinsic magnetic properties of $R_2Fe_{14}B$ compounds" w "Rare-Earth Iron Permanent magnets" ed. J. M. D. Coey (Clarendon Press, Oxford 1996) s. 58-158 (sto stron!).

Moja bardzo pozytywna opinia na temat dokonań dr hab. R. Radwańskiego w fizyce związków RE-TM nie jest odosobniona. Pozwolę sobie jeszcze raz zacytować istotny element opinii prof. Franse, bezpośredniego opiekuna i współpracownika dr hab. R. Radwańskiego w Uniwersytecie w Amsterdamie: „Dr Radwański contributed to our understanding of the basic interactions in rare-earth intermetallics by developing a consistent description of the magnetic and electronic properties of these intermetallic compounds. He stressed the importance of crystalline-electric-field interactions in intermetallic compounds and showed that consistent sets of parameters could be derived for a specific stoichiometry for the whole rare-earth series”.

Na uwagę zasługuje także fakt, że dr Radwański badał również materiały amorficzne z ziemiemi rzadkimi typu $Co_{80-x}Er_xB_{20}$ czy $Fe_{80-x}Ho_xB_{20}$ w silnych polach magnetycznych. Badania tych amorficznych stopów ujawniły, że parametr oddziaływań wymiennych jest w granicach błędu taki sam, jak dla stopów krystalicznych. Osobiście uważam ten wynik za bardzo istotny, ponieważ badania amorficznych stopów metal80-metaloid20 technikami SM i EXAFS wykazały, że nie odpowiadają one modelowi Barnela, lecz wykazują uporządkowanie topologiczne i chemiczne bliskiego zasięgu.

Wykorzystując doświadczenie w interpretacji właściwości magnetycznych związków RE-TM dr Radwański starał się także wyjaśnić skomplikowane zjawiska niskotemperaturowe w układach ciężkofermionowych. Jest to jednak podejście zbyt uproszczone, żeby wyjaśnić masy efektywne rzędu 10^3 masy swobodnego elektronu.

Po powrocie do kraju (1992) dr hab. Radwański nie wrócił do ZFCS AGH, lecz uruchomił swoje prywatne Centrum Fizyki Ciała Stałego, co dla jednych było powodem do drwin, zaś dla innych możliwością podziwiania śmiałych, a równocześnie Jego niekonwencjonalnych i ambitnych decyzji. Jedni i drudzy przyznają, że Centrum Fizyki Ciała Stałego spełnia pozytywną rolę w kształceniu podyplomowym ambitnych nauczycieli fizyki szkoły średniej, pomagając im w zdobyciu tytułu dok-

tora nauk fizycznych. Od 1994 dr hab. R. Radwański podjął pracę w Instytucie Fizyki Akademii Pedagogicznej w Krakowie na stanowisku profesora nadzwyczajnego.

Dorobek naukowy dr hab. R. Radwańskiego stanowi 126 publikacji, prawie wszystkie w czasopismach z listy filadelfijskiej, w tym 73 prace po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego. W tym dorobku aż 17 prac stanowią prace autorskie. Dorobek ten oceniam jako ilościowo bardzo dobry i merytorycznie wartościowy. Można się doszukać, że Jego prace cytowane były ponad 440 razy.

Zainteresowania i praca badawcza dr hab. Radwańskiego koncentrują się od ponad 20 lat na strukturze elektronowej i jej związku z właściwościami magnetycznymi związków międzymetalicznych i tlenków na bazie pierwiastków 4f, 5f i 3d. Dr hab. R. Radwański przyjął hipotezę, że każdy jon swobodny pierwiastka 4f, 5f czy 3d wskutek elektrostatycznego oddziaływania z polem krystalicznym o określonej symetrii, wyznaczonej strukturą krystalograficzną, doznaje usunięcia degeneracji stanów orbitalnych. Dla jonów kramersowskich zniesienie degeneracji spinowej dubletów Kramersa wymaga pojawienia się porządku magnetycznego poniżej pewnej temperatury krytycznej w wyniku oddziaływania wymiennego. Dla jonów 4f i 5f J (całkowity kręt) jest dobrą liczbą kwantową. Dla jonów 3d brane jest pod uwagę oddziaływanie spin-orbita, które miesza stany orbitalne ze stanami spinowymi daje $(2S+1)(2L+1)$ energetycznych stanów elektronowych każdego jonu. Wartości J, L, S określone są regułami Hunda. Wartości stanów energetycznych pozostają niezmiennione, gdy jon staje się częścią sieci krystalicznej. Dr hab. R. Radwański opracował programy, które pozwalają Mu wyliczyć funkcje falowe tych stanów oraz odpowiadające im wartości własne energii. Diagonalizacji podlega hamiltonian, w którym zawarte jest oddziaływanie z polem krystalicznym, polem molekularnym oraz oddziaływanie spin-orbita dla jonów 3d. Dr hab. Radwański podkreśla ważność uwzględnienia multipolowych oddziaływań z polem krystalicznym wyższych rzędów oraz oddziaływania spin-orbita. Aby jednak prowadzić takie obliczenia dr hab. Radwański musi oprzeć się na wynikach eksperymentalnych struktury krystalicznej, temperatury Curie (czy Neela) oraz jeszcze jakiejś wielkości fizycznej (np. ciepła właściwego) aby dopasować zestaw współczynników pola krystalicznego i stałą pola molekularnego. W tym sensie teoria uprawiana przez dr hab. Radwańskiego nie odpowiada standardom teorii startujących z pierwszych zasad i dlatego dla wielu osób jest kontrowersyjna. Kontrowersyjna jest także hipoteza zachowania stanu energetycznego jonu swobodnego w związkach zawierających atomy z niezapełnioną powłoką 4f, 5f i 3d. Dla związków, których właściwości fizyczne (anizotropia magnetokrystaliczna i związana z nią krzywa ma-

gniesowania) są głównie zdeterminowane jonami 4f o mocno zlokalizowanym momencie magnetycznym silnie ekranowanej powłoki 4f, jak również dla izolatorów, których właściwości determinowane są przez jony 5f i 3d, hipoteza ta jest akceptowalna i daje poprawne wyniki.

Eksperymentalna weryfikacja hipotezy dr Radwańskiego jest w chwili obecnej niemożliwa, ponieważ zdolność rozdzielcza spektroskopii fotoemisyjnej jest rzędu 700 meV, zaś odległości między stanami elektronowymi jonów z oddziaływania spin-orbita wymagają zdolności rozdzielczej poniżej 0.1 meV. Nie można jednak traktować teorii uprawianej przez dr hab. Radwańskiego wyłącznie jako metody interpretacji wyników eksperymentalnych, chociaż tą funkcję spełnia najlepiej dla określonych związków. W kilku przypadkach wyniki obliczeń okazały się wręcz spektakularne, czego najlepszym przykładem jest wytlumaczenie anomalii niskotemperaturowej (1.5K) ciepła właściwego Nd_2CuO_4 . Związek ten traktowany był jako nowy typ związku ciężkofermionowego. Dr hab. Radwański pokazał, że tę anomalię można wytłumaczyć jako wynik rozszczepienia dubletu Kramersa Γ_7 stanu podstawowego Nd poniżej T_N . Rozszczepienie to wynosi zaledwie 0.4 meV (Solid State Comm. 1996). Jego istnienie zostało potwierdzone dwa lata później techniką nieelastycznego rozpraszania neutronów (PRL 80 (1998) 1300 1303). Szkoda jednak, że autorzy tej pracy publikacji dr hab. Radwańskiego nie cytują.

Dr hab. Radwański był także aktywnym uczestnikiem wielu konferencji, na których prezentował wyniki swoich prac. W sumie uczestniczył w 75-ciu konferencjach, w tym 30 krajowych. Pięciokrotnie wygłosił referat na zaproszenie na konferencjach międzynarodowych. W roku ubiegłym na zaproszenie Paul Scherrer Institut w Villigen, Szwajcaria, wygłosił referat na tamtejszym seminarium.

Godna uwagi jest także praca dydaktyczna dr hab. Radwańskiego, którą łączy z pracą naukową w bardzo efektywny sposób. Na wykładach potrafi w sposób przystępny przedstawić trudne problemy fizyczne. Wykłada fizykę ogólną oraz historię fizyki z elementami metodologii fizyki. Jego zajęcia cieszą się dużą frekwencją. Dr hab. Radwański prowadzi także wykłady z przedmiotów specjalistycznych: fizyki ciała stałego, magnetyzmu oraz fizyko-chemii ciała stałego. Miał także wykład inauguracyjny roku akademickiego 1998/89 na Akademii Pedagogicznej. Był opiekunem 18-tu prac magisterskich, w tym jedna zakończoną wyróżnieniem. Wypromował dwóch doktorów, w tym jeden z wyróżnieniem. Już podczas pracy w Uniwersytecie w Amsterdamie opiekował się pracą trzech doktorantów, których promotorem był prof. J. Franse. W czasie pracy w AGH wielokrotnie opiekował się grupami i latami studentów Wydziału Ceramicznego i Metalurgicznego. W 1995 roku był

przewodniczącym Komisji Rekrutacyjnej na pierwszy rok fizyki AP. Za pracę dydaktyczną i naukową był trzykrotnie nagradzany nagrodą Rektora AGH, raz Rektora AP oraz nagrodą MNSzWiT (1987). Dr hab. Radwański jest odznaczony Srebrnym Krzyżem Zasługi (1998) oraz Medalem Edukacji Narodowej (2000).

Dr hab. Radwański jest także bardzo dobrym organizatorem. W 1995 roku był organizatorem „CEF-95” w Krakowie (International Workshop on Crystal Field Effects in Transition Metal Compounds). Był inicjatorem Fundacji na rzecz Szpitala im. G. Narutowicza w Krakowie (v-prezes 1996/2000 oraz członek Komisji Rewizyjnej 2000/obecnie). Był członkiem Zarządu Oddziału Krakowskiego PTF (1997/2001).

Wniosek końcowy: Stwierdzam, że dorobek naukowy, dydaktyczny jak i organizacyjny dr hab. Ryszarda Radwańskiego z nadmiarem spełnia wymagania ustawowe i dlatego wniosek Rady Wydziału Matematyczno-Fizycznego i Technicznego Akademii Pedagogicznej o przyznanie Mu tytułu profesora nauk fizycznych uważam za uzasadniony i gorąco go popieram.

Kraków, 12 Listopad 2001.

Prof. dr hab. K. Krop

15.12.2007 Dziękuję

Ryszard Radwański