

Recenzja
rozprawy habilitacyjnej pt.: "Lawiny termomagnetyczne
oraz zjawiska im towarzyszące w nadprzewodnikach drugiego rodzaju"
oraz ocena dorobku naukowego dra Adama Nabałka

Dr Adam Nabałek ukończył studia na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej w 1990 r. Pracę doktorską pt.: "Magnetostrykcja nadprzewodników wysokotemperaturowych w stanie mieszanym" obronił w 1999 r. w IF PAN. Od tego czasu zatrudniony jest w Instytucie Fizyki PAN.

Jego dorobek naukowy jest obszerny, obejmuje 90 publikacji naukowych w tym zawarte są prace oryginalne oraz publikacje w materiałach konferencyjnych. Prace te cytowane były 532 razy w tym bez autocytowań 460 razy (wg Web of Science na dzień -5-11-2012 r.).

Problematyka będąca przedmiotem działalności naukowej habilitanta obejmuje wybrane zagadnienia stanu mieszanego nadprzewodników II rodzaju, właściwości magnetycznych manganitów o strukturze perowskitu, dwuwolframianów i innych związków.

Dane te świadczą o aktywności naukowej habilitanta w uprawianej przez niego dziedzinie i stanowi istotny materiał uzupełniający jego działalności naukowej.

Dostarczony mi materiał autorstwa dra A. Nabałka p.t. "Lawiny termomagnetyczne oraz zjawiska im towarzyszące w nadprzewodnikach II rodzaju", stanowi omówienie wyników w oparciu o 13 publikacji naukowych. Pięć z przedstawionych prac naukowych opublikowano w regularnych czasopismach naukowych pozostałe osiem artykułów naukowych w materiałach konferencyjnych, należy podkreślić, że, materiały te zostały opublikowane również w regularnych czasopismach naukowych.

Wszystkie z wymienionych artykułów naukowych objęte rozprawą habilitacyjną są pracami wieloautorskimi. Jedna z prac H1 powstała w grupie prof. M. Niewczasa z MacMaster University-Kanada, a pozostałe w IF PAN najpierw w grupie prof. H. Szymczaka a później w grupie prof. A. Wiśniewskiego.

W tej sytuacji obowiązkiem recenzenta jest ustalenie, w jakim stopniu prace objęte rozprawą stanowią samodzielny dorobek naukowy dra A. Nabałka. Jest to możliwe na podstawie stosownych oświadczeń współautorów załączonych do rozprawy publikacji naukowych.

Dodatkowym argumentem jest fakt, że w 12 spośród 13 publikacji dr A. Nabałek jest pierwszym autorem.

Rozprawa habilitacyjna dra A. Nabałka stanowi omówienie najważniejszych wyników naukowych otrzymanych przez habilitanta zawartych w publikacjach objętych w rozprawie.

Od strony materiałowej badania obejmują nadprzewodniki II rodzaju -konwencjonalne takie jak NbTi, Nb₃Al i V₃Si i wysokotemperaturowe – MgB₂, YBa₂Cu₃O₇, Bi₂Sr₂CaCu₂O₇ i La_{1,85}Sr_{0,15}CuO₄.

Z punktu widzenia badań podstawowych tematem rozprawy jest zrozumienie mechanizmu występowania niestabilności termomagnetycznych, czyli skoków strumienia magnetycznego w nadprzewodnikach II rodzaju (ang. flux jump). Należy dodać, że wybrana tematyka badań istotna jest również dla wykorzystania praktycznego nadprzewodników II rodzaju. Efekt skoku strumienia jest niepożądany w drutach czy taśmach nadprzewodzących. Znajomość mechanizmów rządzących tym efektem pozwoli na jego eliminację, który może być wywołany np. poprzez niestabilność termiczną a to z kolei pozwoli na uniknięcie tego dyssypatywnego zjawiska.

Znajomość tych mechanizmów może przyczynić się również do uzupełnienia diagramu fazowego (ang. vortex phase diagrams- nadprzewodników konwencjonalnych i wysokotemperaturowych) sieci wirów, w których obserwuje się również zjawisko drugiego piku (ang. second magnetization peak - anomalia ta obserwowana jest na krzywych magnetyzacji), czy też zjawiska wzrostu prądu krytycznego tuż przed osiągnięciem granicy stan normalny-stan mieszany na diagramie fazowym- ang. peak efekt.

Głębsze poznanie mechanizmów skoku strumienia magnetycznego w nadprzewodnikach II rodzaju może być uzupełnieniem mogącym przyczynić się do głębszego zrozumienia diagramu fazowego sieci wirów w stanie mieszanym.

Okazuje się, że w pewnych warunkach stan krytyczny staje się stanem niestabilnym prowadzącym do wywołania procesu lawinowego. Proces ten może być zainicjowany przez małe zmiany temperatury czy też pola magnetycznego. W procesie tym następuje lokalne nagłe wniknięcie strumienia magnetycznego do nadprzewodnika, to zaś wywołuje lokalny wzrost temperatury. Dlatego też, w momencie skoku strumienia magnetycznego prądy ekranujące zostają silnie zredukowane i nieefektywne.

Do ważnych osiągnięć dra A. Nabilia (praca H1-cytowana 16 razy) należy zaobserwowanie efektu skoku strumienia w monokryształach $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_7$. Praca ta została wykonana w MacMaster University. W tym celu autor wytworzył monokrystały tego związku i przeprowadził pomiary krzywych magnetyzacji $M(H)$. Na zmierzonych pętłach histerezy habilitant zaobserwował charakterystyczne skoki strumienia. Analizę danych eksperymentalnych habilitant przeprowadził w oparciu o model Swartza, Beana i Wipfa (SBW).

Model ten stosuje się w spełnionych odpowiednio warunkach tzn., kiedy zachodzi lokalna adiabatyczność a to jest spełnione wówczas, gdy współczynnik dyfuzji magnetycznej D_m jest większy niż współczynnik dyfuzji termicznej D_t .

Habilitant określił wartość i temperaturową zależność pierwszego pola niestabilności B_{f1} . Przeprowadzona analiza wyników eksperymentalnych pozwoliła mu na określenie krytycznej grubości w celu wyeliminowania efektu skoku strumienia. Habilitant określił również obszar temperatur, w którym ten efekt występuje oraz szybkość przemiatania pola magnetycznego (ang. field sweep). Ponadto habilitant zaobserwował związek pomiędzy efektem skoku strumienia magnetycznego a efektem pełzania strumienia magnetycznego (ang. flux creep).

Innym ważnym osiągnięciem (H3-cytowana 20 razy) habilitanta są badania magneto-termiczne polikrystalicznego związku MgB_2 . W oparciu o model SBW określono obszar, w którym zachodzi efekt skoku strumienia magnetycznego, określono pole niestabilności B_{f1} . Do analizy kryterium stabilności uwzględniano zależność ciepła właściwego od pola

magnetycznego. Pojawienie się pierwszego skoku zaobserwowano w polu magnetycznym około 0.75 T. Wartość pierwszego pola krytycznego określona teoretycznie dała wartość 0.06 T. Habilitant podał możliwy mechanizm fizyczny odpowiedzialny za tę rozbieżność.

Należy dodać, że habilitant jest współautorem innych prac o tematyce skoków strumienia a niewłączonych do rozprawy np. V.V. Chabanenko i in. Supercond. Sci. Technol. **11**, 1181(1998) i J. Appl. Phys. **83**, 7324(1998). Prace te cytowane są przez innych autorów pracujących nad badaniem skoków strumienia np. C. Romero-Salazar i in. Phys. Rev. B **76**, 104521(2007). Autorzy ci wykorzystują parametr α wprowadzony w tych pracach. Parametr ten jest niezbędny do przeprowadzenia symulacji numerycznych wyników eksperymentalnych. Parametr ten określa stosunek prądu krytycznego po skoku strumienia do prądu krytycznego przed skokiem strumienia.

Inną publikacją, która również nie wchodzi w zakres rozprawy a dotyczy analizy zjawiska niestabilności magnetotermicznej w nadprzewodnikach II rodzaju jest artykuł V.V. Chabanenko i in. J. Appl. Phys. **88**, 5875(2000).

W pracy tej autorzy analizowali teoretycznie model uwzględniający stan krytyczny z kotwiczeniem wirów, skokami strumienia z kryterium opartym o model Kima –Andersona, modelem liniowym i modelem efektu piku. W oparciu o te rezultaty autorzy skonstruowali diagram fazowy H-T niestabilności stanu krytycznego.

Innym ważnym osiągnięciem dra A. Nabilia jest określenie wpływu anizotropii krystalicznej na stabilność stanu krytycznego i dynamikę skoków strumienia magnetycznego. Habilitant badał te zależności na monokryształach $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$. Praca ta wykazała, że lawiny termomagnetyczne generowane są w warunkach dynamicznych tj. takich, dla których współczynnik dyfuzji magnetycznej jest znacznie niższy niż współczynnik dyfuzji termicznej. Badania te wykazały, że stabilność stanu krytycznego zależy od warunków chłodzenia monokryształów. Habilitant przeprowadził porównanie wyników eksperymentalnych z wynikami otrzymanymi w ramach modelu izotermicznego i modelu słabo chłodzonej próbki.

Wyniki teoretyczne otrzymane w ramach obu modeli wykazały, że pole pierwszego skoku strumienia magnetycznego maleje w miarę wzrostu szybkości przemieszczania zewnętrznego pola magnetycznego. Habilitant wykazał również, że dynamika skoków strumienia magnetycznego jest zależna od dyfuzji magnetycznej strumienia magnetycznego, która to z kolei zależy od dyssypacji energii sieci wirów wyrażoną poprzez wielkość oporności w stanie płynięcia strumienia magnetycznego.

Bardzo interesujące i ciekawe w prezentowanej rozprawie są pomiary magnetostrykcji w wybranych układach nadprzewodników konwencjonalnych takich jak V_3Si i NbTi . Habilitant przeprowadził na tych układach pomiary poprzecznej i podłużnej magnetostrykcji.

Podobnie jak na krzywych magnetyzacji krzywe magnetostrykcji $\Delta R/R - f(H)$ wykazały skoki magnetostrykcji a to z kolei wiąże się z efektem skoków strumienia magnetycznego w nadprzewodnikach. Analizę wyników eksperymentalnych magnetostrykcji habilitant przeprowadził w ramach modelu zaindukowanego kotwiczeniem sieci wirów w nadprzewodnikach i w oparciu o model termodynamiczny tego zjawiska.

Analiza ta wskazuje na to, że jednym z ważnych czynników jest nieodwracalność związana z efektem kotwiczenia sieci wirów. Drugim czynnikiem jest składowa zależna od zewnętrznego pola magnetycznego, która to nasycy się po osiągnięciu wartości górnego pola krytycznego.

W celu uzyskania przedstawionych wyżej rezultatów naukowych habilitant wykazał się znajomością wielu technik pomiarowych. Do pomiarów magnetyzacji habilitant wykorzystał standardowe magnetometry wibracyjne i PPMS. Pomiary zmian strumienia magnetycznego w badanych układach nadprzewodzących przeprowadzał również przy użyciu sond Halla oraz cewek nawijanych bezpośrednio na próbki. Badania magnetostrykcji przeprowadzał techniką tensometryczną. Habilitant zajmował się również technologią wytwarzania monokryształów $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_7$.

Dr Nabiałek wykazuje szczególną umiejętność fenomenologicznej interpretacji danych eksperymentalnych. Jego aktywność naukowa wskazuje na głęboką znajomością procesów fizycznych zachodzących w nieodwracalnych nadprzewodnikach II rodzaju.

Habilitant jest współautorem prac dotyczących manganitów, dwuwolframianów, materiałów organicznych i innych układów magnetycznych.

Według mnie, pewnym mankamentem przedstawionej przez dra Nabiałka rozprawy habilitacyjnej jest niezbyt fortunny wybór publikacji. Część artykułów naukowych zamieszczonych w rozprawie została opublikowana w materiałach konferencyjnych, które to nie wykazały żadnych cytowań bądź były cytowane jeden raz do momentu recenzji a zostały opublikowane np. w 2006 r.

Podsumowując, uważam, że dr Adam Nabiałek przeprowadził szereg wartościowych pomiarów na nadprzewodnikach drugiego rodzaju i innych układach wykorzystując swoją umiejętność stosowania techniki tensometrycznej i innych technik pomiarowych oraz wykazał umiejętność fenomenologicznej interpretacji danych eksperymentalnych. Wyniki tych badań mają znaczącą wartość poznawczą i zostały opublikowane w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Przedstawiona uwaga krytyczna na temat wyboru prac naukowych w niczym nie umniejsza jej wartości merytorycznej.

W konkluzji stwierdzam, że badania dra Adama Nabiałka doprowadziły do pogłębienia wiedzy na temat wybranych własności nadprzewodników II rodzaju. Jego dorobek naukowy jest znaczący i spełnia ustawowe wymagania do nadania mu stopnia doktora habilitowanego w zakresie fizyki doświadczalnej.

Dlatego wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenia dra Adama Nabiałka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

W-ur 7. 11. 2012

P. Pynur