

**Zgłoszenie zagadnienia badawczego realizowanego  
w Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej  
w dyscyplinie nauki fizyczne**

**w Jednostce: Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk**

1	<b>Nazwisko i imię promotora,</b> tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	Michał Krupiński, dr hab., prof. IFJ PAN, Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, 31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152, Michal.Krupinski@ifj.edu.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego (opcjonalnie), jednostka, adres e-mail	
3	<b>Temat zagadnienia badawczego</b> + krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	Niekolinearne tekstury spinowe w metalicznych materiałach hybrydowych. Topologiczne chiralne spinowe tekstury magnetyczne, takie jak ściany domenowe i skyrmiony przyciągają ostatnio dużą uwagę badaczy w dziedzinie magnetyzmu ciał stałych. Skyrmiony są m.in. obiecującym nośnikiem informacji dla nieulotnych, ultrapojemnych pamięci magnetycznych cechujących się wysoką wydajnością energetyczną, a także dla urządzeń logicznych nowej generacji. Ze względu na potencjalne zastosowania, ale także ze względu na interesujące nowe zjawiska fizyczne, istotne jest zarówno opanowanie nowych metod wytwarzania tego typu struktur spinowych, manipulowania nimi oraz ich modyfikacji. Celem projektu jest eksperymentalne badanie mechanizmów powstawania niekolinearnych domen magnetycznych i wzajemnego ich oddziaływania w układach wielowarstw ferromagnetycznych poprzez kontrolę anizotropii, która wymuszona będzie wprowadzeniem nanostruktur magnetycznych. Badania będą dotyczyć układów cienkowarstwowych, których własności magnetyczne zmieniają się na skutek wprowadzenia atomowego nieporządku prowadzącego do pojawienia się niekolinearnych periodycznych struktur spinowych. Nieporządek atomowy będzie otrzymywany poprzez naświetlanie warstw wiązką lekkich jonów, a magnetyczna nanostrukturyzacja na dużych powierzchniach zostanie uzyskiwana przez użycie masek utworzonych przez samoporządkujące się monowarstwy polistyrenowych nanocząstek. Uzyskane tą metodą

		konfiguracje spinowe będą obserwowane przy użyciu mikroskopowych technik lokalnego próbnika. Temat badawczy obejmuje zarówno wytwarzanie cienkich warstw magnetycznych, ich nanostrukturyzację i modyfikację za pomocą wiązek przyspieszonych jonów, a także pełną charakteryzację strukturalną i magnetyczną. Daje więc możliwość zapoznania się z wieloma metodami współczesnej fizyki ciała stałego. Projekt realizowany będzie w ścisłej współpracy z Centrum Badawczym Helmholtza Dresden-Rossendorf.
4	Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności/kursy)	Znajomość podstaw fizyki magnetyzmu fazy skondensowanej. Znajomość angielskiego na poziomie B2. Umiejętność pracy w międzynarodowym zespole. Mile widziane doświadczenie w pracy laboratoryjnej lub w zakresie inżynierii materiałów.
5	Wskazanie możliwych źródeł i zakresu finansowania spoza subwencji, np. stypendium naukowego, kosztów badań, wyjazdów itp.	stypendium

1	<b>Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address</b>	Michał Krupiński, dr hab., prof. IFJ PAN, Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, 31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152, Michal.Krupinski@ifj.edu.pl
2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation, e-mail address	
3	<b>Research subject title</b> Short description, up to 250 words	Noncollinear spin textures in hybrid metallic materials.  Topological magnetic chiral spin textures, such as domain walls and skyrmions, focus recently the activity of researchers working in the area of solid-state magnetism. Ferromagnetic skyrmions are promising media for low-power information technologies such as nonvolatile, energy-efficient, ultra-dense memory and logic devices. The controlled generation and manipulation of these spin structures is particularly important for their potential in applications. The aim of this project is the control of non-collinear magnetic domain formation and mutual magnetic imprinting from adjacent ferromagnetic layers in embedded magnetic nanostructures via the local manipulation of the

		<p>anisotropy. We will study layer systems whose magnetic properties change upon atomic disordering, where spin structures of controllable periodicity and non-collinearity occur. Atomic disordering will be achieved by ion irradiation. Magnetic nanopatterning over large areas will be obtained by covering each multilayer system with a self-assembled layer of polymer nanospheres as a shadow mask, using ion-irradiation through the gaps within the mask. The spin arrangements created this way will be characterized using local probe microscopy methods. We intend to manipulate local dipolar interactions and mutual imprinting in magnetic multilayers to obtain noncollinear spin textures. The project will be executed in close cooperation with HZDR Dresden-Rossendorf.</p>
4	<p>Additional requirements to the candidate (education, skills / courses)</p>	<p>Knowledge of basic physics of solid state magnetism. Knowledge of English min. at B2 level. The good skills of work with international team. Desirable experience in laboratory work or in the field of materials science.</p>
5	<p>Possible sources of financing, other than subsidy, e.g., scientific scholarship, research and travel costs, etc.</p>	<p>scholarship</p>