

Każdego dnia, na całym świecie generowane są ogromne ilości danych, które wymagają ciągłego zwiększania ilości urządzeń magazynujących te informacje. Dzisiejsza technologia, pomimo ciągłego wzrostu pojemności, szybkości zapisu i odczytu danych zbliża się nieuchronnie do fizycznych granic dalszej miniaturyzacji i zwiększania gęstości upakowania. Jedną z wiodących koncepcji dalszego alternatywnego rozwoju technologii przechowywania danych jest zapis informacji na strukturach atomowych¹ lub z wykorzystaniem specyficznych tekstur magnetycznych. Szczególnie interesująca z punktu widzenia podstaw fizyki jest koncepcja wykorzystania konfiguracji momentów magnetycznych, zwanych **skymionami**. Skymion jest możliwe najmniejszym i jednocześnie stabilnym zakłóceniem jednorodnego namagnesowania, a jego konfiguracja może zostać opisana, jako zlokalizowany wir spinów magnetycznych. Prof. Albert Fert, laureat nagrody Nobla z fizyki w 2007 roku i czołowy badacz skymionów, na jednym z wystąpień konferencyjnych², podkreślił fascynujące właściwości skymionów, które wykazują na ogromny ich potencjał do wykorzystania w bardzo energooszczędnych zastosowaniach w przechowywaniu i przetwarzaniu informacji.



Rys. 1. Dwuwymiarowa wizualizacja konfiguracji magnetycznej przedstawiająca skymion typu Néela. Rysunek został zaczerpnięty z pracy⁴.

Celem naukowym projektu jest przeprowadzenie gruntownych badań naukowych, przy wykorzystaniu symulacji mikromagnetycznych, o **bi-stabilnych stanach skymionowych** w wielowarstwowych strukturach ferromagnetycznych w formie nanokropek. Efektem realizacji zadań badawczych przewidzianych w projekcie będzie nowa wiedza pomocna w modelowaniu układów mogących w przyszłości znaleźć praktyczne zastosowania bi-stabilnych stanów skymionowych, **jako bitów informacji**. Prace projektowe pod kątem aplikacyjnym wymagają zrozumienia, jakie czynniki fizyczne (parametry materiałowe, zewnętrzne pole magnetyczne) i geometria układu, wpływają na właściwości bi-stabilnych stanów skymionowych. Projekt został podzielony na pięć etapów tworzących serię systematycznych badań podstawowych. Pierwsze trzy etapy poświęcone są badaniu: **(i)** parametrów materiałowych w zależności od rozmiaru nanokropki, **(ii)** niejednorodności krawędzi, **(iii)** dodatkowej, niejednorodnej warstwy materiały ferromagnetycznego, na właściwości i proces stabilizacji bi-stabilnych stanów skymionowych. Następnie, zdobyta wiedza zostanie wykorzystana do badania **(iv)** technik przełączania pomiędzy bi-stabilnymi stanami oraz **(v)** właściwości przełączania i właściwości dynamicznych w dwuwymiarowej macierzy złożonej z wcześniej zaprojektowanych nanokropek.

O wysokim poziomie nowatorskości proponowanych badań świadczy fakt, iż jako jednym z pierwszych komunikatów o istnieniu bi-stabilnych stanów skymionowych była praca wnioskodawcy z września 2017 roku, która została wyróżniona na okładce czasopisma *Physica Status Solidi Rapid Research Letters*³. Dalszy rozwój wiedzy o tych strukturach w postaci zaproponowanych w projekcie systematycznych badań daje realne szanse na pełne zrozumienie zjawisk fizycznych determinujących właściwości tych układów i tym samym przyspieszy możliwość weryfikacji eksperymentalnej.

Dodatkowym efektem realizacji projektu będzie opracowanie numerycznej metody opisującej proces relaksacji skymionów powiązanej z nowymi i zoptymalizowanymi algorytmami relaksacji tego typu układów przy wykorzystaniu symulacji mikromagnetycznych, a także rozwoju narzędzi numerycznych służących do analizy wyników symulacji. Efekty realizacji projektu przysłużą również do opracowania potencjalnych zastosowań bi-stabilnych skymionów do pamięci, a także pomogą w zrozumieniu właściwości skymionów w kontekście szerokiego spektrum innych zastosowań w technologiach informatycznych.

Literatura:

1. Kalff FE, Rebergen MP, Fahrenfort E, et al. A kilobyte rewritable atomic memory. *Nat Nanotechnol.* 2016;11(11):926-929. doi:10.1038/nnano.2016.131.
2. Fert A, Bouzehouane K, Barthélemy A, Bibes M, Cros V. Spin-orbitronics, a new direction for spintronics [conference abstract]. *XXIIIe CONGRÈS GÉNÉRAL la Société Française Phys.* 2015. https://sfp2015.sciencesconf.org/conference/sfp2015/pages/FERT_2.pdf. Accessed November 12, 2017.
3. Zelent M, Tóbiak J, Krawczyk M, Guslienko KY, Mruczkiewicz M. Bi-Stability of Magnetic Skyrmions in Ultrathin Multilayer Nanodots Induced by Magnetostatic Interaction. *Phys Status Solidi - Rapid Res Lett.* 2017;11(10):1700259. doi:10.1002/pssr.201700259.
4. Fert A, Cros V, Sampaio J. Skyrmions on the track. *Nat Nanotechnol.* 2013;8(3):152-156. doi:10.1038/nnano.2013.29.