

## SEARCH FOR MAGNETOCHIRAL RESPONSES IN CURVILINEAR GEOMETRIES

Curvilinear magnetism  
Magnetochiral responses  
Magnetic domain walls

Investigations of magnetochiral responses in magnetism pave the way to novel concepts of magnonics, antiferromagnetic spintronics, spin-orbitronics and oxitronics. The main origin of these magnetochiral responses is associated with Dzyaloshinskii-Moriya interaction (DMI). This interaction arises in bulk magnetic crystals with a broken inversion symmetry or at the interfaces between a ferromagnet and nonmagnetic material with strong spin-orbit coupling. At present, tailoring of the DMI is done by optimizing materials, either doping bulk single crystals or adjusting interface properties of thin films and multilayers. In contrast to this, magnetochiral responses also appear in curvilinear geometries of conventional materials.

A locally broken geometric symmetry leads to the restructuring of the exchange interaction in a way that appear two additional curvature-induced chiral and anisotropy interactions. Recently, we provided the very first experimental confirmation of the curvature-induced chiral interaction of exchange origin in a conventional soft ferromagnetic material. We determined the approach for the quantification of curvature-induced magnetochiral responses: measuring the depinning field of a domain wall from a curvilinear region enables one to quantify the strength of the curvature-induced DMI responses. With this paper, we have identified the pathway to study curvilinear effects in nanomagnets.

Here, we aim to develop a fundamental quantitative and qualitative understanding of magnetochiral responses in curvilinear geometries relying on our experimental approach and recent theoretical predictions. To address this, we will fabricate (I) flat curvilinear stripes for the investigation of curvature-induced magnetochiral responses; (II) twisted three-dimensional stripes to study the torsion-induced effects; (III) corrugated films to quantify effects of principal curvatures. Technically, this project will rely on the comparison of pinning positions of magnetic textures with local geometrical parameters and measurements of depinning fields. In this prospective, it will be the first attempt to quantify (I) the strength of the torsion-induced DMI in twisted stripes; (II) magnetochiral responses summoned by principal curvatures in corrugated films, (III) the symmetry of the curvature-induced DMI for magnetic materials with in-plane and out-of-plane anisotropies. Thus, this project will provide the final missing link between theoretical predictions and experimental verifications in the field of curvilinear magnetism.

## SUCHE NACH MAGNETOCHIRALEN REAKTIONEN IN KURVILINAREN GEOMETRIEN

Kurvilinearer Magnetismus  
Magnetochirale Reaktionen  
Magnetische Domänenwände

Untersuchungen magnetochiraler Reaktionen im Magnetismus eröffnen den Weg zu neuartigen Konzepten der Magnonik, der antiferromagnetischen Spintronik, der Spinorbitronik und der Oxitronik. Der Hauptursprung dieser magnetochiralen Reaktionen ist mit der Dzyaloshinskii-Moriya-Wechselwirkung (DMI) verbunden. Diese Wechselwirkung entsteht in magnetischen voluminösen Kristallen mit unterbrochener Inversionssymmetrie oder an den Grenzflächen zwischen einem Ferromagneten und nichtmagnetischem Material mit starker Spin-Bahn-Kopplung. Gegenwärtig erfolgt die Anpassung des DMI durch Optimierung der Materialien, entweder durch Dotieren von voluminösen Einkristallen oder durch Anpassen der Grenzflächeneigenschaften von Dünnschichten und Mehrschichten. Im Gegensatz dazu treten magnetochirale Reaktionen auch in krummlinigen Geometrien herkömmlicher Materialien auf.

Eine lokal gebrochene geometrische Symmetrie führt zur Umstrukturierung der Austauschwechselwirkung in einer Weise, dass zwei zusätzliche krümmungsinduzierte chirale und anisotrope Wechselwirkungen auftreten. Erst kürzlich haben wir die erste experimentelle Bestätigung der krümmungsinduzierten chiralen Wechselwirkung geliefert, die sich aus der Austauschwechselwirkung in einem herkömmlichen weichferromagnetischen Material ergibt. Wir haben den Ansatz für die Quantifizierung von krümmungsinduzierten magnetochiralen Reaktionen festgelegt: Durch Messung eines abgetrennten Feldes einer Domänenwand aus einem krummlinigen Bereich kann die Stärke der krümmungsinduzierten DMI-Reaktionen quantifiziert werden. In diesem Artikel haben wir den Weg zur Untersuchung krummliniger Effekte in Nanomagneten aufgezeigt.

Wir wollen hier ein grundlegendes quantitatives und qualitatives Verständnis der magnetochiralen Reaktionen in krummlinigen Geometrien entwickeln, das auf unserem experimentellen Ansatz und neueren theoretischen Vorhersagen beruht. Um dieses Problem anzugehen, werden wir (I) flache krummlinige Streifen für die Untersuchung krümmungsinduzierter magnetochiraler Reaktionen herstellen; (II) verdrehte dreidimensionale Streifen, um die torsionsinduzierten Effekte zu untersuchen; (III) gewellte Filme zur Quantifizierung der Auswirkungen von Hauptkrümmungen. Technisch basiert dieses Projekt auf dem Vergleich der fixierten Punkte magnetischer Texturen mit lokalen geometrischen Parametern und der Messung von der abgetrennten Felder. In dieser Perspektive wird es der erste Versuch sein, (I) die Festigkeit des torsionsinduzierten DMI in verdrillten Streifen zu quantifizieren; (II) magnetochirale Reaktionen, die durch Hauptkrümmungen in gewellten Filmen hervorgerufen werden, (III) die Symmetrie der krümmungsinduzierten DMI für magnetische Materialien mit Anisotropien in-plane und out-of-plane. Somit wird dieses Projekt das letzte fehlende Glied zwischen theoretischen Vorhersagen und experimentellen Überprüfungen im Bereich des krummlinigen Magnetismus liefern.