

# Simpósio de Integração Acadêmica

## “Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”

SIA UFV 2023



### CONSTRUÇÃO DA EQUAÇÃO DE THIELE PARA DINÂMICA DE SKYRMIONS

<sup>1</sup>Departamento de Física - Universidade Federal de Viçosa

Maxwell Marcelino do Amaral<sup>1</sup> - maxwell.amaral@ufv.br, Jakson Miranda Fonseca<sup>1</sup> - jakson.Fonseca@ufv.br,

Vagson Luiz de Carvalho Santos<sup>1</sup> - vagson.santos@ufv.br

Skyrmions, Equação de Thiele, Dinâmica de Magnetização.

#### Introdução

A compreensão da dinâmica dos skyrmions é essencial para otimizar o seu uso em aplicações tecnológicas como por exemplo seu uso em memórias. Os estudos nessa área visam entender os mecanismos fundamentais de movimento dos skyrmions, investigar formas de estabilizá-los termicamente e desenvolver métodos eficientes de manipulação e detecção dessas estruturas magnéticas. Skyrmions são solitons topológicos, que são configurações especiais de spins em materiais magnéticos, onde o sentido da magnetização em seu centro aponta no sentido oposto dos da borda. Existem dois tipos clássicos de configuração para skyrmions: o do tipo Néel (Figura 1a) e o tipo Bloch (Figura 1b).

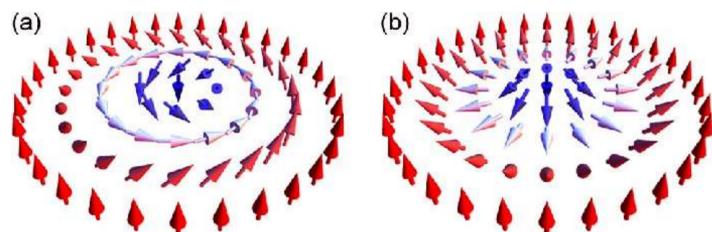


Figura 1: retirado de [1].

#### Objetivos

Nesse trabalho, estamos interessados em desenvolver a equação de Thiele para a dinâmica de magnetização sem a presença de corrente elétrica no sistema. Assim, com esse modelo, é possível ter a dinâmica em termos de um deslocamento em um material magnético. Para se estudar a dinâmica de skyrmions, paredes de domínio ou a magnetização em termos da posição, utiliza-se a equação de Thiele. Dessa forma, realizamos toda a construção matemática da equação, evidenciando suas manipulações algébricas, analisando a sua validade e devida implicação teórica para sistemas formados por materiais ferromagnéticos planares.

#### Material e Método

Iniciamos com a construção da equação de Landau-Lifshitz-Gilbert [2], representada pela equação (1), para dinâmica de magnetização de um material ferromagnético e sem corrente elétrica no sistema. Nesse resultado, a dinâmica é dada em termos de campos, mas a equação de Thiele é escrita em função de forças.

#### Apoio financeiro



Para construir o modelo proposto por Thiele, escrevemos a magnetização em função de um deslocamento (2), substituímos na equação de Landau-Lifshitz-Gilbert (1), realizamos algumas manipulações algébricas e fazemos algumas considerações,

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = -\gamma \vec{M} \times \vec{H}_{ef} - \frac{\alpha}{M_s} \vec{M} \times \frac{\partial \vec{M}}{\partial t}. \quad (1) \quad \frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{M}. \quad (2)$$

#### Resultados e Discussão

Dessa forma, conseguimos escrever uma equação para dinâmica de magnetização não mais em função de campos, mas sim, em termos de forças. A equação que permite determinar, por exemplo, a dinâmica de skyrmions e paredes de domínio, conhecida como equação de Thiele [3], é válida, neste formato (3), para materiais magnéticos homogêneos e sem corrente elétrica aplicada ao sistema,

$$\vec{F} + \vec{G} \times \vec{v} + D\vec{v} = 0, \quad (3)$$

sendo  $\vec{F}$  a força externa devido a um campo magnético aplicado,  $\vec{G}$  é o girovetor que depende da geometria da textura magnética e do material,  $D$  é o tensor de dissipação que também depende dos mesmos parâmetros e  $\vec{v}$  é a velocidade da configuração magnética.

#### Conclusões

Com isso, a equação (3) permite determinar o movimento de skyrmions dado certas configurações do sistema, sendo possível estudar formas de manipular, via campo magnético externo, sua trajetória e transferindo informações de uma região para outra. Dessa forma, fica evidente sua aplicação em dispositivos de armazenamento de memória gerando grandes possibilidades de aplicação.

#### Bibliografia

- [1] KANG, W. et al. Skyrmion-Electronics: An Overview and Outlook. Institute of Electrical and Electronics Engineers, vol. 104, agosto, 2016.
- [2] Gilbert, Thomas L. A Phenomenological Theory of Damping in Ferromagnetic Materials. IEEE Transactions on Magnetics, 40, n. 6, novembro, 2004.
- [3] Thiele, A. Steady-State Motion of Magnetic Domains. Laboratórios Bell, New Jersey, 1972.

#### Agradecimentos

