

## Manipulação e Configurações Magneto-Mecânicas de Nanodiscos Flexíveis

Beatriz Miranda da Silva, Pedro H. C. Taveira, Allison W. Teixeira, Jakson M. Fonseca, Leonarde N. Rodrigues, Ricardo G. Elías, Alejandro Riveros, Nicolás Vidal-Silva, e Vagson L. Carvalho-Santos

ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura)

Pesquisa

### Introdução

A integração do magnetismo em sistemas flexíveis é fundamental para o avanço de tecnologias como a eletrônica maleável e a robótica em microescala. Neste contexto, este trabalho investiga teoricamente a interação entre as propriedades magnéticas e elásticas de um nanodisco flexível. Como resultado, demonstramos que a geometria de equilíbrio do nanodisco pode ser controlada ao se manipular o estado magnético interno, especificamente uma configuração do tipo méron (vórtice ou antivórtice magnético).

### Objetivos

- Investigar teoricamente a interação entre as propriedades magnéticas e elásticas de um nanodisco flexível.
- Demonstrar que a geometria de equilíbrio do nanodisco pode ser controlada ao manipular seu estado magnético interno, especificamente a configuração de um méron (vórtice ou antivórtice).
- Analizar como o tipo de méron (vórtice ou antivórtice) determina o sinal da curvatura de menor energia do nanodisco.
- Avaliar a influência de parâmetros não-magnéticos do material, como o raio do disco e o Módulo de Young, na magnitude da deformação da estrutura.
- Explorar a possibilidade de um controle ativo da forma do nanodisco, incluindo a transição entre geometrias, através da manipulação da quiralidade do vórtice com o uso de campos magnéticos externos.

### Material e Métodos ou Metodologia

A abordagem do trabalho é baseada em um modelo teórico que descreve o sistema como uma casca fina com graus de liberdade magnéticos e elásticos. A metodologia para encontrar a forma de equilíbrio da estrutura consiste em minimizar a energia total do sistema, que é calculada como a soma das seguintes contribuições:

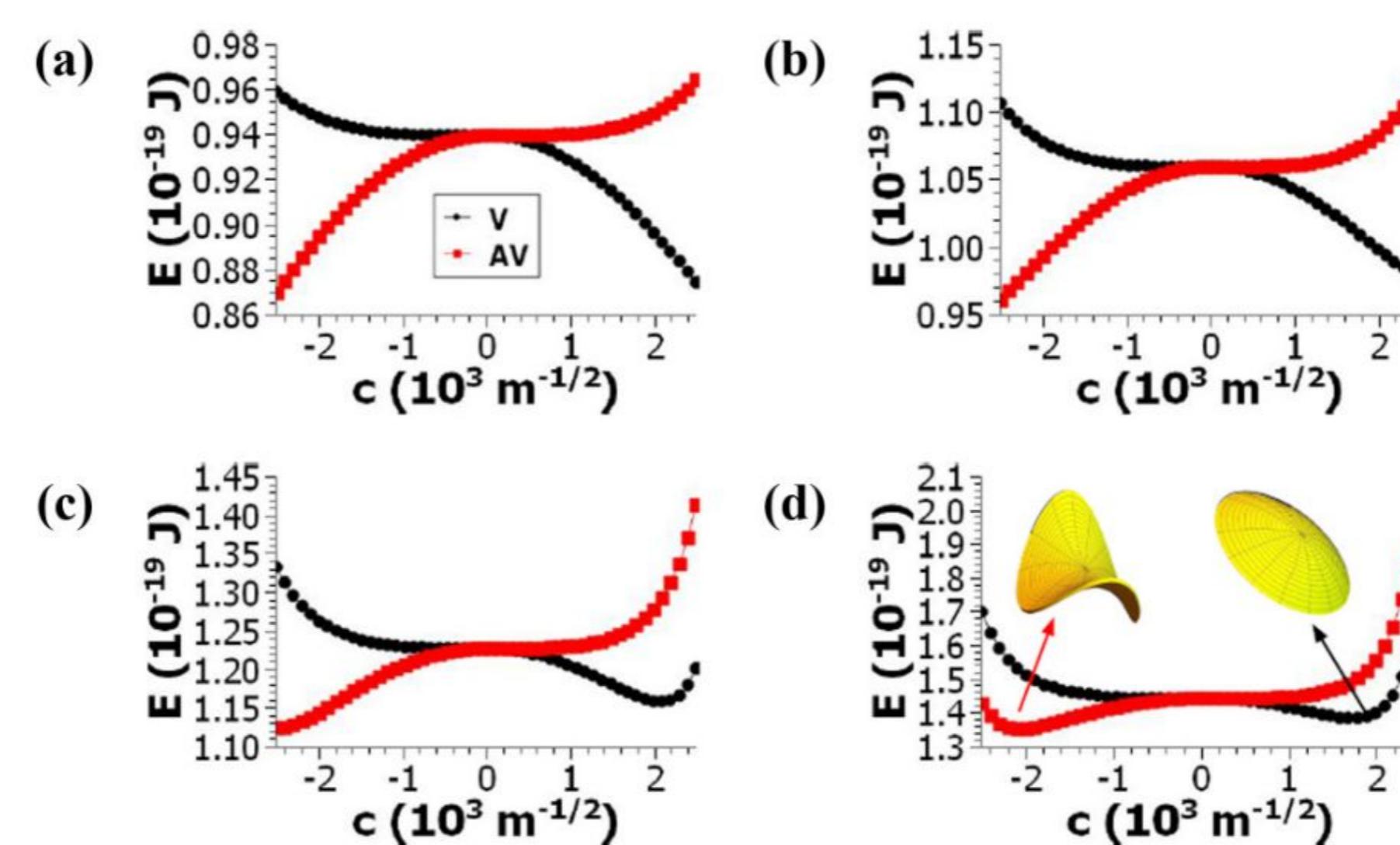
- Geometria:** A superfície do nanodisco é descrita matematicamente por uma parametrização que define sua curvatura através do parâmetro  $c$ . Valores de  $c > 0$  correspondem a um parabolóide (curvatura positiva) e  $c < 0$  a um parabolóide hiperbólico (curvatura negativa).

### Apoio Financeiro

**Magnetismo:** O estado magnético é modelado como uma configuração do tipo méron (vórtice ou antivórtice). A energia magnética associada inclui os termos de troca e de anisotropia efetiva de superfície.

**Elasticidade:** A energia elástica é composta pela energia de estiramento (stretching) e de dobramento (bending). Para filmes finos, considera-se que o estiramento é o custo energético dominante para a deformação.

### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas



- A presença de um vórtice induz uma deformação para uma geometria com curvatura positiva.
- A presença de um antivórtice resulta em uma deformação para uma geometria com curvatura negativa.

### Conclusões

- O número de enrolamento do méron (vórtice/antivórtice) determina o sinal da curvatura Gaussiana da estrutura.
- Parâmetros geométricos e mecânicos, como raio do nanodisco e Módulo de Young, controlam a magnitude da deformação.
- A manipulação da quiralidade do vórtice, potencialmente através de campos magnéticos externos, permite uma transição ativa da forma do nanodisco.

### Bibliografia

- [1] Ricardo Gabriel Elías, Nicolás Vidal-Silva, and Vagson L Carvalho-Santos (2019) Winding number selection on mérons by Gaussian curvature's sign, *Scientific Reports*, 9(1), 14309.
- [2] Beatriz Miranda-Silva, Pedro HC Taveira, Allison W Teixeira, Jakson M Fonseca, Leonarde N Rodrigues, Ricardo G Elías, Alejandro Riveros, Nicolás Vidal-Silva, and Vagson L Carvalho-Santos (2022) Manipulating the shape of flexible magnetic nanodisks with méronlike magnetic states, *Physical Review B*, 105(10), 104430.