

**Universidade de São Paulo  
Instituto de Física de São Carlos**

**XII Semana Integrada do Instituto de  
Física de São Carlos**

**Livro de Resumos**

**São Carlos  
2022**

# Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos

SIFSC 12

## Coordenadores

Prof. Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Junior

Diretor do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Javier Alcides Ellena

Presidente da Comissão de Pós Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes

Presidente da Comissão de Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

## Comissão Organizadora

Adonai Hilario

Arthur Deponte Zutião

Elisa Goettems

Gabriel dos Santos Araujo Pinto

Henrique Castro Rodrigues

Jefter Santiago Mares

João Victor Pimenta

Julia Martins Simão

Letícia Martinelli

Lorany Vitoria dos Santos Barbosa

Lucas Rafael Oliveira Santos Eugênio

Natasha Mezzacappo

Paulina Ferreira

Vinícius Pereira Pinto

Willian dos Santos Ribela

## Normalização e revisão – SBI/IFSC

Ana Mara Marques da Cunha Prado

Maria Cristina Cavarette Dziabas

Maria Neusa de Aguiar Azevedo

Sabrina di Salvo Mastrandiono

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Informação do IFSC

Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos

(12: 10 out. - 14 out. : 2022: São Carlos, SP.)

Livro de resumos da XII Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos/ Organizado por Adonai Hilario [et al.]. São Carlos: IFSC, 2022.

446 p.

Texto em português.

1. Física. I. Hilario, Adonai, org. II. Titulo

ISBN: 978-65-993449-5-4

CDD: 530

## IC18

### Processos de magnetização em magnetos frustrados

CAPELO, Gabriel; ANDRADE, Eric de Castro e

gcapelo@usp.br

No estudo de sistemas com momentos magnéticos localizados, denomina-se frustração a incapacidade do sistema de satisfazer todas as interações locais simultaneamente. Nesse projeto temos por objetivo estudar os processos de magnetização, isto é, a resposta em função da aplicação de um campo magnético externo, de sistemas com (rede triangular) e sem (rede quadrada) frustração, comparando os resultados. Estudaremos primeiramente processos a temperatura  $T = 0$ . Em seguida, investigaremos como flutuações térmicas serão responsáveis pelo levantamento de uma degenerescência acidental no estado fundamental para o caso frustrado. Esse mecanismo é conhecido como ordem por desordem. (1-2) Resultados experimentais para a curva de magnetização em função do campo externo de sistemas magnéticos na rede triangular apresentam um platô de magnetização. (3) Obteremos essa curva de magnetização teoricamente após a introdução das flutuações. Especificamente, estudamos o modelo de Heisenberg Clássico (onde os spins nos sítios da rede são representados por vetores de tamanho  $S$ ) em redes bidimensionais, com interações antiferromagnéticas entre os primeiros vizinhos  $\langle ij \rangle$  e com a presença de um campo magnético externo, dado pela hamiltoniana  $H = J \sum_{\langle ij \rangle} \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j - h \cdot \sum_i \vec{S}_i$ . Sendo  $N$  o número de sítios, definimos a magnetização por spin  $m = |\sum_i \vec{S}_i \cdot \hat{h}/N|$ . Estamos interessados no gráfico de  $m$  em função do módulo do campo  $h$ . Para temperatura  $T = 0$  obtemos, tanto para a rede quadrada quanto para a triangular, um comportamento linear de  $m$  em função de  $h$ , até certos campos críticos  $h_c^{\text{quad}}$  e  $h_c^{\text{triang}}$ , a partir dos quais os sistemas atingem estados polarizados. No entanto, vê-se que só a rede quadrada pode ser bipartida (isto é, dividida em duas partes em que os sítios de uma não são vizinhos dos da outra). A não bipartição da rede triangular é o que traduz nesse caso a frustração do sistema, e que causa a degenerescência no estado fundamental. Isto posto, passamos a considerar o caso da temperatura  $T > 0$ , mas ainda muito pequena. Para estudar o efeito dessas flutuações no sistema nós desenvolvemos o que é conhecido como Teoria de Perturbação no Espaço Real. Este método se baseia em considerar que os spins não mais apontam puramente na direção de menor energia, mas apresentam componentes pequenas perpendiculares a ela, causadas por flutuações. Obtemos assim, como resultado, uma correção para a energia livre, que nos permite propor um modelo de hamiltoniana efetiva onde adicionamos à original termos de troca biquadrática  $K(\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j)^2$ . Minimizando a nova hamiltoniana, obtivemos a nova curva de magnetização para a rede triangular, que demonstrou um platô de magnetização em  $1/3$ , concordando com os resultados experimentais. Além disso, pudemos determinar as configurações dos spins nas diferentes fases dos sistema (bem como as transições entre elas), que concordaram com a literatura, o que demonstra de fato o levantamento da degenerescência. O mesmo foi obtido para a rede quadrada, mas no entanto observamos que nesse caso não frustrado o único resultado significativo foi um pequeno desvio da curva em relação ao caso  $T = 0$ , demonstrando o papel fundamental da frustração nesses sistemas.

**Palavras-chave:** Magnetismo. Frustração. Campo magnético.

**Agência de fomento:** FAPESP (2021/13310-4)

**Referências:**

- 1 VILLAIN, J. *et al.* Order as an effect of disorder. **Journal de Physique**, v. 41, n. 11, p. 1263-1272, 1980.
- 2 SHENDER, E. F. Antiferromagnetic garnets with fluctuationally interacting sublattices. **Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics**, v. 56, n. 1, p. 178, 1982.
- 3 SMIRNOV, A. I. *et al.* Triangular lattice antiferromagnet Rb Fe (Mo O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> in high magnetic fields. **Physical Review B**, v. 75, n. 13, p. 134412, 2007.