

CARACTERIZAÇÕES MAGNÉTICAS E TÉRMICAS DE MONOCRISTAIS $Gd_{1-x}Y_xB_4$

Sabrina Ribeiro¹, Sueli Hatsumi Masunaga²

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

² Departamento de Física, Centro Universitário FEI

uniesribeiro@fei.edu.br, smasunaga@fei.edu.br

Resumo: Este projeto consiste no estudo das propriedades magnéticas de amostras monocristalinas $Gd_{1-x}Y_xB_4$, através de suas propriedades magnéticas anômalas, que apresentam magnetização remanente abaixo da temperatura de Néel, quando diluídos com íons de Y não magnético, e que apresentam propriedades físicas anisotrópicas.

1. Introdução

Um material ou sólido monocristalino se configura quando a ordenação periódica e repetitiva dos átomos é perfeita e ininterrupta, e o ponto de estudo deste projeto se concentra em monocristais $Gd_{1-x}Y_xB_4$, que fazem parte do grupo das terras raras, composto por dezessete elementos químicos que possuem inúmeras aplicações interessantes envolvendo suas propriedades magnéticas. Logo, o objetivo deste projeto é expandir os conhecimentos sobre esses compostos.

2. Metodologia

Os monocristais foram crescidos com o método do fluxo, utilizando Al como fluxo. Para as caracterizações magnéticas e térmicas, os dados foram obtidos via colaboração com o Prof. Dr. Renato de Figueiredo Jardim, do IFUSP. Foi utilizado o equipamento *Physical Property Measurement System (PPMS)*, fabricado pela Quantum Design, capaz de realizar medidas de calor específico, magnetização e resistividade elétrica em intervalos de 1,8 K a 200 K e campos magnéticos aplicados de até 90 kOe.

3. Resultados e discussão

O monocristal GdB_4 apresenta temperatura de transição em aproximadamente $T = 42$ K. É possível observar a temperatura de transição nas curvas de calor específico e determinar seu valor pela sua derivada em relação à temperatura, sendo T_N (temperatura de Néel) o ponto em que intercepta o eixo x ($C_p = 0$), conforme mostra a Figura 1. Para $T > T_N$, um material antiferromagnético se torna paramagnético.

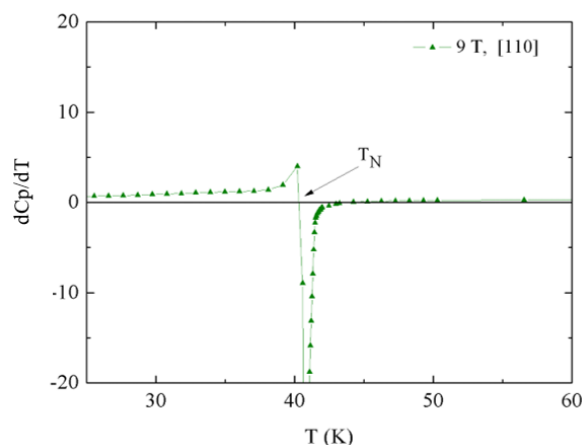


Figura 1 – Derivada do calor específico em função da temperatura da amostra GdB_4 , campo 9 T e direção [110].

Foi observado, também, o comportamento da entropia magnética (ΔS) da amostra GdB_4 para três direções diferentes, que foi obtida subtraindo o calor específico de GdB_4 da substância não magnética (YB_4), resultando no calor específico magnético (C_{mag}). Após isso, é feito um gráfico de (C_{mag}) dividido por T versus T , sendo sua integral resultando na entropia magnética, conforme Figura 2. Com isso, é possível observar que a entropia magnética ultrapassa o valor da entropia magnética máxima ($\Delta S_{m \text{ máx}}$) calculada como $17,28 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ [1], sendo $\Delta S_m = R \ln(2J + 1) = R \ln 8$ (R = constante dos gases), visto que para o íon Gd^{3+} , J (momento angular total) é igual a $7/2$ [2]. Isso indica que há uma contribuição de Schottky não isolada na amostra. As três curvas colapsam próximo a $T = 200$ K, mostrando que têm mesma entropia.

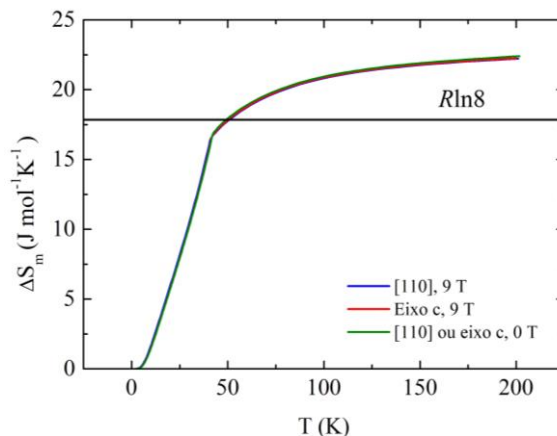


Figura 2 - Entropia magnética da amostra GdB_4 em direções e campos diferentes. A curva ultrapassa $\Delta S_{\text{m máx}}$, indicando contribuição de Schottky.

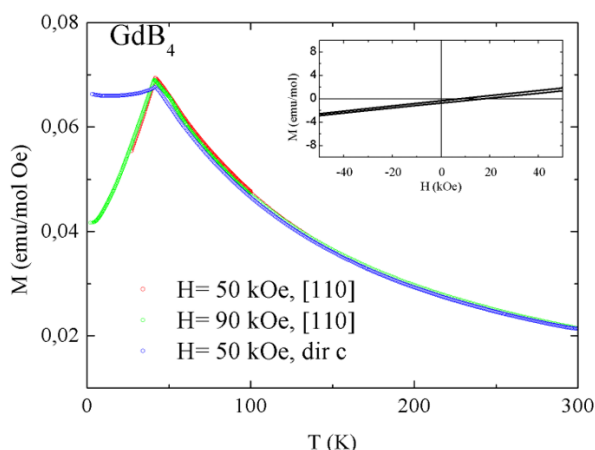


Figura 3. Temperatura de dependência das curvas de magnetização ZFC/FC, extraídas com um campo magnético aplicado de 50k Oe a 90k Oe, nas direções [110] e eixo c de monocristais de GdB_4 . O gráfico expandido no canto superior mostra uma curva de histerese obtida a 2 K, na direção [110].

Os dados de magnetização para o GdB_4 como função da temperatura são reversíveis na região paramagnética, para $T > T_N$ e apresentam histerese abaixo de T_N . O pico na curva indica $T_N \sim 41,7$ K. A anisotropia nos dados de magnetização identificada abaixo de T_N para materiais antiferromagnéticos é usual, logo a curva obtida com o campo paralelo à direção c é diferente da obtida com o campo perpendicular a c (direção [110], eixo a, eixo b).

No caso dos materiais que possuem fase paramagnética, mas não são paramagnetos ideais, a susceptibilidade magnética se comporta, em altas temperaturas, de acordo com a lei de Curie-Weiss (Θ_{CW}) [3]. Para obter a temperatura de Curie-Weiss e o momento magnético efetivo, foi feito um ajuste linear à curva entre 100 K e 300 K do inverso da susceptibilidade magnética, visto que a temperatura de Curie-Weiss é encontrada quando ela é igual a zero e o momento magnético efetivo é encontrado conforme equação 1, sendo o seu valor de referência de aproximadamente $7,98 \mu_B$.

$$\mu_{\text{eff}} = 2.82C^{1/2} \quad (1)$$

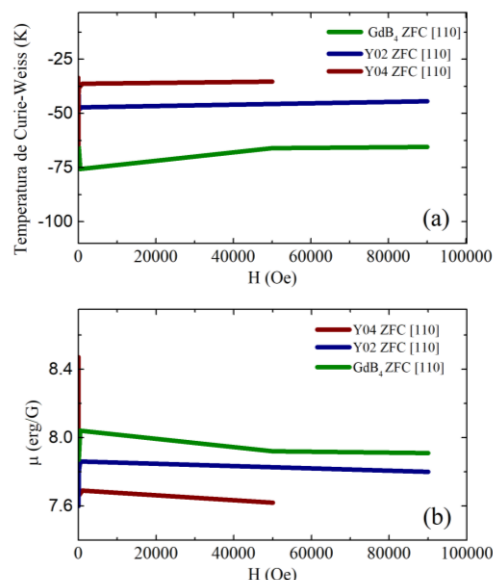


Figura 4. (a) Temperatura de Curie-Weiss pelo campo magnético. (b) Momento magnético efetivo obtido pela Equação (1) pelo campo magnético.

Quando analisado as curvas da temperatura de Curie-Weiss e do momento magnético efetivo pelo campo magnético nas Figuras 4(a) e 4(b) respectivamente, é possível ver que elas praticamente independem do campo magnético aplicado, mantendo um comportamento quase linear.

4. Conclusões

Os dados de calor específico indicam que para a amostra estudada, existe uma contribuição de Schottky, visto que a entropia magnética ultrapassa a entropia magnética máxima, esperada para o sistema estudado. Os dados de magnetização do sistema $\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{B}_4$ apresentam irreversibilidade e anisotropia abaixo da temperatura de Néel, de acordo com o esperado para materiais antiferromagnéticos.

5. Referências

- [1] NOVIKOV, V. V. et al. Heat capacity and thermal expansion of gadolinium tetraboride at low temperatures. **Journal of Applied Physics**, v. 111, n. 6, p. 063907, 2012.
- [2] FREDERIKSE, H. P. R.. PROPERTIES OF MAGNETIC MATERIALS. **CRC Press**. Florida, 20 dez. 2000.
- [3] DE OLIVEIRA, Mário José. **Termodinâmica**. Editora Livraria da Física, 2005.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI, pela oportunidade de inserção ao meio científico e pelo apoio financeiro (PBIC007/19). À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sueli Hatsumi Masunaga, pelos ensinamentos.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/19 a 02/20.