

Comportamiento de materiales magnéticos usando el modelo de Ising

Daniela Andrea Torres Gómez - Sergio Duque Mejía

ABSTRACT

Se realizará un estudio del comportamiento de materiales ferromagnéticos, paramagnéticos y anti-ferromagnéticos, de los cuales se determinará el promedio porcentual de la magnetización de las interacciones entre vecinos cercanos y un campo magnético externo y cómo estos se alteran debido a un aumento de la temperatura debido a un baño térmico que entrega calor constantemente al sistema.

INTRODUCCIÓN

En 1920 el profesor y físico Wilhelm Lenz formuló un estudio relacionado al comportamiento de los materiales ferromagnéticos los cuales se comportan como objetos que pueden interactuar con materiales magnéticos, ejemplos de estos vemos a diario, como el material con el que se crea las neveras, si acercamos un imán este se adhiere de tal forma que se puede decir que la nevera se construyó con un material ferromagnético. El estudio buscaba entender las transiciones de fase que ocurren en el material, esto por medio de campos magnéticos externos u otros factores de gran importancia como la temperatura cuando el material era sumergido en un baño de calor. Lenz dio la tarea de este estudio a su alumno Ernst Ising, el cual aunque no pudo demostrar las transiciones de fase de forma experimental, dio un marco teórico importante para el estudio posterior de este, el cual fue completado y demostrado en 1944 por el físico Lars Onsager utilizando los conceptos de la física estadística que permitió impulsar de forma significativa esta rama del conocimiento.

MARCO TEÓRICO

Tanto el modelo de Ising como otros modelos utilizados en la actualidad para describir el comportamiento de los materiales ferromagnéticos parten de un Hamiltoniano, en física clásica es una función que describe completamente el sistema que se estudia y del cual se puede obtener ecuaciones importantes como la dinámica y cinemática de este sistema. El hamiltoniano descrito para un sistema simple ferromagnético es:

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \vec{\mu}_i \cdot \vec{\mu}_j - \sum_i \vec{\mu}_i \cdot \vec{H}_i \quad (1)$$

El primer termino, hace referencia a un término de intercambio, el cual define la interacción entre las parejas de momentos magnéticos $\vec{\mu}$ vecinas, estos momentos magnéticos se consideran como vectores que describen las propiedades magnéticas del material. Se puede observar en este termino la constante J llamada *integral de intercambio* que mide la intensidad de acople entre estas parejas, además cuando se estudia con $J > 0$ también llamado *ferromagnéticos* se favorece un acople (interacción) paralelo entre momentos magnéticos, si $J < 0$ también llamado *anti-ferromagnético* favorece un acople anti paralelo y $J = 0$ también llamado *paramagnético* describe un sistema donde no hay acople. El segundo termino define una interacción de tipo Zeemann, la cual como se observa es una interacción entre los momentos magnéticos que conforman el sistema y un campo externo a este, de tal forma que permite explicar las transiciones de fase cuando se aplica un campo magnético. [1]

Modelo de Ising

El modelo de Ising se caracteriza por ser un modelo binario, es decir que los espines μ pueden variar entre 1 y -1, además considerando solo las interacciones de intercambio para un sistema ferromagnético, es posible realizar un estudio de cantidades importantes que varíen con la temperatura como lo son la magnetización, energía en el sistema. Utilizando las teorías desarrolladas por la física estadística, se puede obtener las ecuaciones que describen estos fenómenos físicos, estas son:

$$E_{total} = -J \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (\mu_{i,j} \mu_{i,j+1} + \mu_{i,j} \mu_{i+1,j}) - \sum_{i=0}^{L-1} (\vec{\mu}_i \cdot \vec{H}) \quad (2)$$

$$\langle M \rangle_J = N \{1 - [\sinh(2\beta J)]^{-4}\}^{1/8} \quad (3)$$

$$\langle M \rangle_H = N \mu \tanh(\beta \mu H) \quad (4)$$

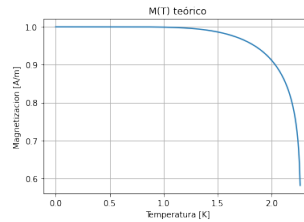


Figure 1: Magnetización teórica respecto a la temperatura cuando solo se considera una interacción entre momentos magnéticos vecinos.

Donde M_J es la magnetización promedio cuando solamente se considera la interacción entre momentos dipolares magnéticos, M_H es la magnetización promedio cuando solamente se considera la interacción de los momentos magnéticos dipolares

con un campo magnético \vec{H} externo, N es el numero de partículas totales. La solución exacta de la ecuación de magnetización en relación a los hallazgos experimentales muestran concordancia cuando el tamaño de los sistemas son lo suficientemente grande para relacionar todas las posibles interacciones entre los espines [2].

REFERENCIAS

- J. Ortin. J. Sancho. (2001). Curso de Física Estadística. Universidad de Barcelona: PublicacionsUb.
- W. Krauth. (2006). Algorithms and Computations. Great Britain: Oxford University.