

SIMULACIÓN MONTE CARLO Y MICROMAGNETISMO APLICADO AL ESTUDIO DE SISTEMAS MAGNÉTICOS TUBULARES BLANDOS

El método de simulación Monte Carlo basado en un modelo de Heisenberg clásico tridimensional y una dinámica de movimiento de espín basada en el algoritmo de Metropolis para el estudio de nanotubos magnéticos blandos. En cuanto a las interacciones involucradas, se consideraron tanto interacciones de intercambio de corto alcance entre primeros vecinos e interacciones dipolares de largo alcance para analizar los estados magnéticos a baja temperatura de tubos finitos monopared tipo zigzag. Tales estados a baja temperatura se suponen cercanos o similares al estado base del sistema. Para propósitos de minimización de la energía, y con el fin de superar las barreras de energía involucradas en el espacio de fases, se implementó una técnica de recocido simulado. Los resultados demuestran la presencia de diferentes estados magnéticos que dependen del grado de competencia entre las energías de intercambio y la dipolar.

Así, se pudieron observar estados colineales ferromagnéticos para interacciones dipolares despreciables, mientras que estados no colineales tipo hélice y vórtice aparecieron a medida que la intensidad de la interacción dipolar se va haciendo más relevante. En cuanto al parámetro de orden, se utilizó tanto la magnetización convencional como la magnitud de su rotacional para dar cuenta de los órdenes magnéticos en forma circular observados. Estos parámetros fueron calculados y comparados. Las configuraciones magnéticas fueron también analizadas capa por capa a lo largo de la altura de los nanotubos para una caracterización magnética local. Los resultados se resumen en una propuesta de diagrama de fase tomando como variable el grado de competición o la razón entre las energías involucradas. También, se desarrollaron algunas expresiones analíticas para la energía interna del sistema correspondientes a algunas configuraciones de espín particulares con el fin de conocer su ubicación en el paisaje de energía. Tales resultados analíticos se comparan y discuten con los obtenidos via Monte Carlo. Finalmente, se muestran algunas animaciones del proceso de inversión de la magnetización a escala micrométrica bajo la presencia de un campo magnético externo uniforme mediante solución de la ecuación dinámica de Landau-Lifshitz-Gilbert usando un enfoque micromagnético basado en OOMMF (Object Oriented Micromagnetic Framework).