

ACTIVIDAD

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 término que entrega calor constantemente al sistema.

INTERFAZ DE USUARIO

El panel principal consiste en una barra de botones que permiten cambiar el número de momentos magnéticos (cajas pequeñas rojas y blancas) dentro de la caja grande. L es el tamaño de un lado de la caja grande por lo que para $L = 10$, habrán $N = 10^2$ momentos magnéticos; Se puede cambiar el campo magnético externo que apunta en dirección paralela a los momentos magnéticos, H es la magnitud de este campo magnético; Se puede cambiar el valor de la magnitud de interacción entre momentos magnéticos internos, J es la intensidad de esta interacción. Para apreciar completamente bien los fenómenos magnéticos en el material, se considera una temperatura de $T = 0.1K$ hasta $T = 20K$. Se gráfica los resultados obtenidos de la simulación, estos resultados se almacenan en un archivo con extensión ".csv" si se desea utilizarlos en un experimento relacionado. Además se puede controlar la reproducción de esta simulación usando la barra de botones de control de simulación.

CÓMO USAR LA SIMULACIÓN

Estudio del ferromagnetismo:

El ferromagnetismo ocurre cuando $J > 0$ y lo que se espera es que el sistema favorezca una alineación de los momentos magnéticos a un acople paralelo, es decir que se espera observar que al alcanzar un 100% de la magnetización promedio por sitio,

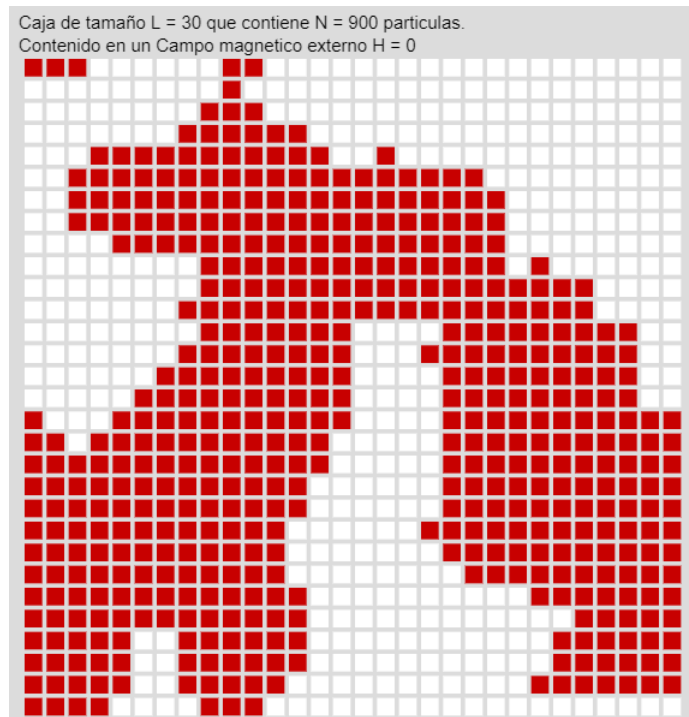


Figure 1: Panel gráfico cuando se magnetiza el cubo mostrando los dominios magnéticos.

todos los momentos magnéticos serán o rojos o blancos, luego de cierta temperatura el sistema se deteriora permitiendo una transición de fase, es decir que pasara de estar magnetizado a no estarlo a una temperatura critica, los estudios de ferromagnetismo relacionados a los cambios de fase buscan encontrar esta temperatura crítica. Se propone la siguiente actividad:

- Establecer $H = 0$. (proceso que involucra únicamente la interacción entre momentos magnéticos).
- Establecer $J = 5$. (aumentar intensidad de la interacción entre momentos magnéticos).
- Observar el comportamiento de magnetización del sistema en el panel gráfico de la simulación.
- Aparecen dominios magnéticos (cúmulos rojos y blancos a medida que se magnetiza hasta ser completamente un solo color), explicar que son los dominios magnéticos.
- Observar panel de datos, ver en que momento ocurre el cambio de fase, es decir la temperatura cuando alcanza el cero de magnetización. Anotar la temperatura critica basada en la simulación.

- Esta por defecto el tamaño de la caja de $L=30$, aumentarlo a 100 y observar si mejora tanto el gráfico de datos como la obtención de la temperatura crítica. (en la vida real los objetos tienen muchos momentos magnéticos, por lo que a medida que aumentemos el tamaño de la caja, el resultado se acercará a lo que se observe en un laboratorio físico).

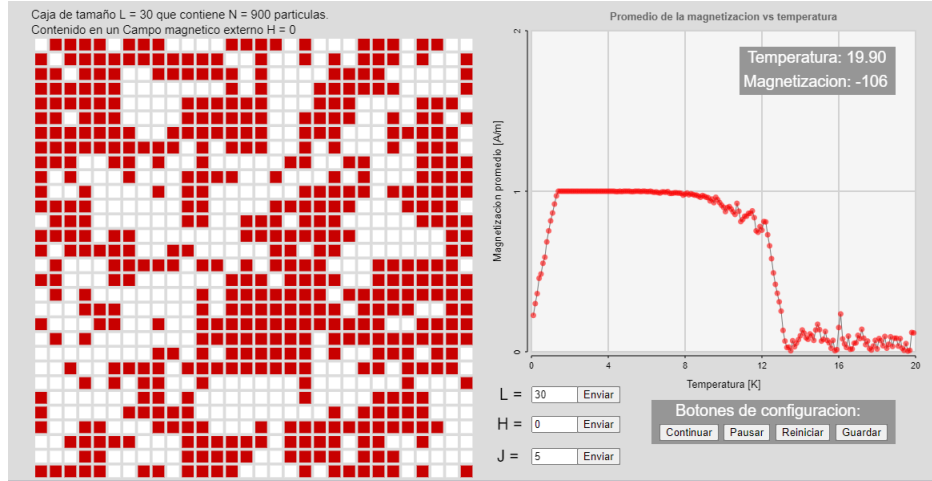


Figure 2: Simulación del estudio del ferromagnetismo cuando $L=30$

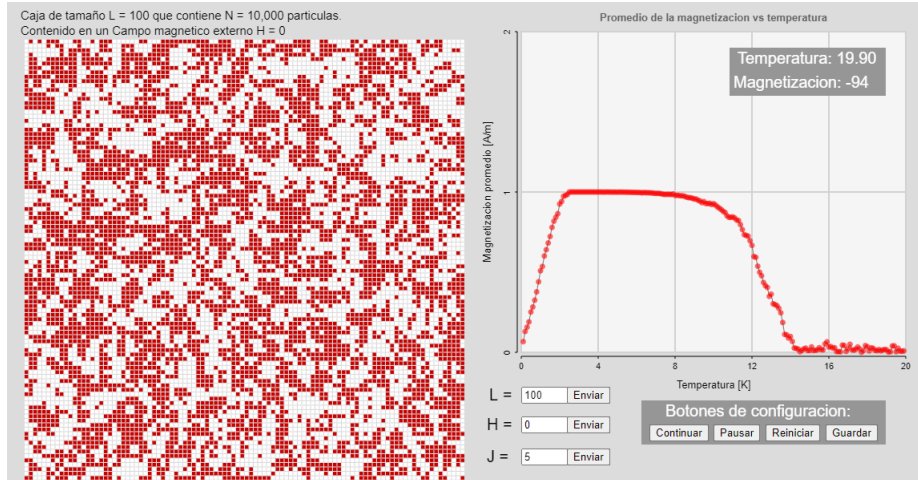


Figure 3: Simulación del estudio del ferromagnetismo cuando $L=100$

Estudio del paramagnetismo:

El paramagnetismo ocurre cuando $J = 0$, es decir no existe una interacción apreciable entre momentos magnéticos del sistema, el paramagnetismo se estudia principalmente cuando el sistema se encuentra sumergido en un campo magnético por lo que se espera observar como un sistema magnetizado bajo cierta dirección del campo reacciona al

aumento de la temperatura y como esta impide mantener un sistema magnetizado. Se propone la siguiente actividad:

- Establecer $H=5$. (Campo magnético positivo)
- Establecer $J=0$. (No hay interacción entre momentos magnéticos)
- Observar estado inicial del cubo (color) explicar por que es de este color.
- Observar cambio de la magnetización promedio en el panel de datos. Que le ocurre al sistema y por que esto no es una transición de fase.
- Establecer $H=-5$. (Campo magnético negativo)
- Observar estado inicial del cubo (color), ¿es similar el fenómeno del paramagnetismo cuando cambiamos el signo de H ?

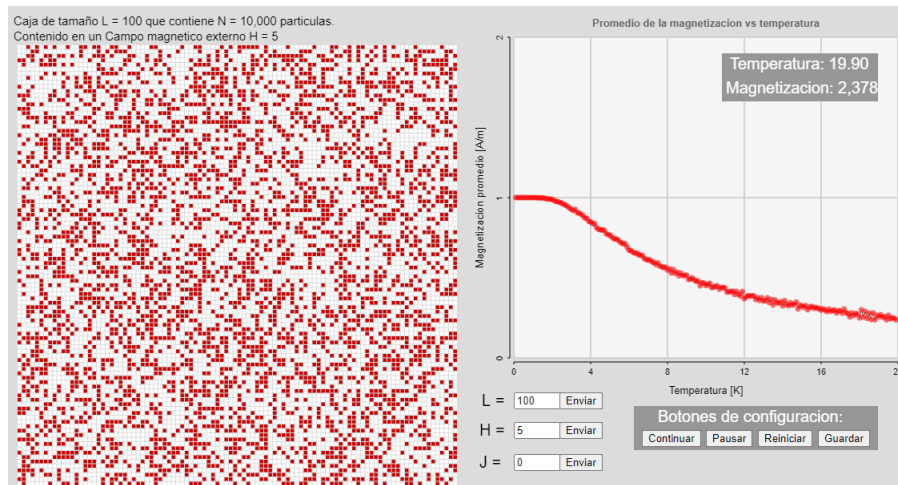


Figure 4: Simulación del estudio del paramagnetismo cuando $L=100$

Estudio del anti-ferromagnetismo:

El anti-ferromagnetismo ocurre cuando $J < 1$ y lo que se espera es que el sistema favorezca un acople anti-paralelo, es decir que no se espera que el sistema se magnetice fácilmente, de hecho cuando la interacción negativa es lo suficientemente grande se espera que el cubo tenga 50% de los momentos magnéticos en el estado negativo (rojos) y el otro 50% en estado positivo (blancos). Se propone la siguiente actividad:

- Establecer $H=0$. (No hay campo magnético externo)
- Establecer $J=-10$ (Interacción negativa entre momentos magnéticos)

- Observar el panel gráfico, ¿se cumple que se distribuye en mitades los momentos magnéticos?.
- ¿Por que no existe dominios magnéticos que cumplan 50/50?
- Si establecemos un campo magnético externo, por ejemplo $H=25$, ¿el sistema se magnetiza completamente desde el inicio?.
- ¿Por que se requiere un campo magnético tan grande para poder magnetizar el sistema?

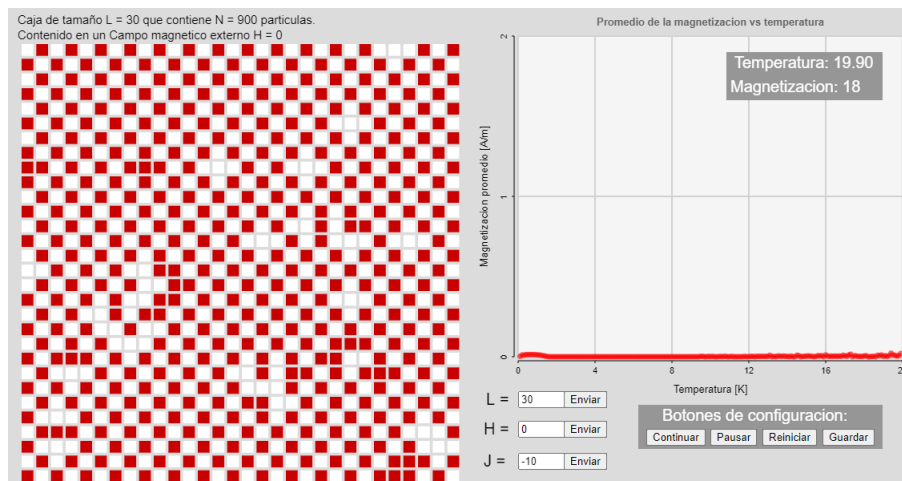


Figure 5: Simulación del estudio del anti-ferromagnetismo cuando $L=30$

Recuerda que se puede guardar los datos, se propone guardar los gráficos y usar alguna herramienta graficadora para poder observar con mayor precisión la temperatura critica para el estudio de ferromagnetismo.