

# Pràctica de simulació del model d'Ising

L'objectiu d'aquesta pràctica és simular el comportament d'un sistema de spins en una matriu quadrada de  $20 \times 20$ . Cada spin interactua únicament amb els seus quatre veïns més propers. La simulació es durà a terme mitjançant un algorisme Montecarlo que segueix el criteri de Metropolis per decidir si un spin canvia d'orientació.

## Apartats de la pràctica:

### 1. Configuració inicial:

- Implementar una matriu de spins de  $20 \times 20$ .
- Introduir el nombre de passos  $N$  que es volen simular. Cada pas representa un intent de canvi d'orientació d'un spin.
- Implementar la condició inicial del sistema.

### 2. Anàlisi de la magnetització i de l'energia mitjana

- Gràfica de l'evolució de la magnetització total (suma de tots els spins) en funció del temps (nombre de passos) per diverses temperatures.
- Gràfica de l'evolució de l'energia mitjana del sistema en funció del temps (nombre de passos) per diverses temperatures.

### 3. Estudi en funció de la temperatura:

- Representar gràficament la magnetització mitjana i l'energia mitjana a l'equilibri en funció de la temperatura.
- Determinar experimentalment la temperatura crítica  $T_c$ :
  - Per a temperatures  $T > T_c$  (superiors a la crítica), la magnetització tendeix a zero.
  - Per a temperatures  $T < T_c$  la magnetització tendeix a un valor diferent de zero.
- Identificar com varia el temps (nombre de passos) necessari perquè el sistema arribi a l'equilibri i com depèn de la temperatura.

## Objectius opcionals avançats

### 1. Exponent crític de la magnetització:

- Estimeu l'exponent crític  $\beta$  associat a la magnetització en funció de  $\Delta T = T_c - T$ .

### 2. Susceptibilitat magnètica:

- Estudieu com varia la susceptibilitat a camp zero a mesura que ens apropem al punt crític. Utilitzeu la relació entre susceptibilitat i fluctuacions de la magnetització vista a teoria.

### 3. Calor específica:

- Analitzeu l'evolució de la calor específica a camp zero a mesura que la temperatura s'acosta a  $T_c$ .

### 4. Estadística de Maxwell-Boltzmann:

- Comproveu si el sistema compleix l'estadística de Maxwell-Boltzmann a l'equilibri:
  - Seleccioneu una temperatura  $T$ .
  - Un cop el sistema estigui en equilibri, calculeu l'energia de cada casella.
  - Feu un histograma del nombre de caselles en cadascun dels possibles valors d'energia, acumulant un gran nombre de passos per minimitzar les fluctuacions.

L'energia d'una casella depèn de les posicions relatives dels seus spins veïns. Caldrà definir clarament les regles d'interacció per calcular aquests valors i justificar els resultats obtinguts.

