

## Exercício: Revisão da tentativa

<b>Iniciado em</b>	quarta, 27 mai 2020, 09:34
<b>Estado</b>	Finalizada
<b>Concluída em</b>	quarta, 3 jun 2020, 03:36
<b>Tempo empregado</b>	6 dias 18 horas
<b>Avaliar</b>	Ainda não avaliado

### Questão 1

Completo

Vale 1,00 ponto(s).

Marcar questão

#### Texto da questão

A energia de interação entre um momento de dipolo magnético  $\vec{\mu}$  e um campo magnético  $\vec{B} = B\hat{z}$  é

$$V = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu_z B.$$

Partícula quânticas com spin  $1/2$  têm momento magnético cuja componente  $z$ , em unidades apropriadas, pode assumir apenas os valores

$$\mu_z = \pm \frac{1}{2},$$

de modo que, nessas unidades, a energia de interação com o campo pode ser escrita como

$$V(s) = sB, \quad s \in \left\{ -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2} \right\}.$$

Um material paramagnético, como o aço inoxidável utilizado nos refrigeradores, pode ser modelado como uma coleção de momentos magnéticos que não interagem entre si, mas apenas com um campo magnético  $\vec{B} = B\hat{z}$ . A energia magnética total dessa coleção toma a forma

$$E(\{s\}) = \sum_{i=1}^N V(s_i) = -B \sum_{i=1}^N s_i,$$

em que  $\{s\} = s_1, s_2, \dots, s_N$  especifica a configuração das componentes  $z$  dos momentos magnéticos de todas as  $N$  partículas que compõem a coleção.

Implemente uma simulação de Monte Carlo para esse sistema, supondo que o número de partículas seja igual a  $10^4$  e que a temperatura seja medida em unidades nas quais a constante de Boltzmann é  $k_B = 1$ . Utilize o algoritmo de Metropolis, e escolha como movimentos possíveis a inversão da componente  $z$  do momento magnético de uma partícula escolhida aleatoriamente. Em outras palavras, após escolher, digamos, a partícula  $i$ , proponha que  $s_i \rightarrow s'_i = -s_i$ , provocando uma variação de energia  $\Delta E = (-s'_i + s_i)B = 2s_iB$ , e verifique se a mudança proposta é aceita, comparando o fator de Boltzmann  $\exp(-\beta \Delta E)$  com um número aleatório entre 0 e 1, conforme discutido na aula.

Execute a simulação por 200 passos de Monte Carlo, sob uma temperatura  $T = 1$ , partindo de uma situação em que os valores das componentes  $z$  dos momentos magnéticos das partículas sejam todos iguais a  $-1/2$ . Teste com valores de campo  $B = 0$ ,  $B = 1$  e  $B = 2$ . Em cada caso, você deve traçar o gráfico dos valores da magnetização média por partícula, definida por

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i,$$

como função do passo de Monte Carlo. Como verificação, utilize o fato de que, sob campo nulo, a magnetização do sistema após a equilibração deve ser nula em média. Em outras palavras, um material paramagnético não pode funcionar como um ímã permanente. Além disso, a uma temperatura fixa, quanto maior for a intensidade do campo aplicado, maior deve ser o módulo da magnetização média após a equilibração.

Submeta seu programa e os 3 gráficos correspondentes pelo campo abaixo.