

Dentro de um recipiente, com  $10 \text{ dm}^3$  de volume, encontram-se 14 g de azoto ( $M_0(\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}$ ). Cada molécula tem translação e tem rotação com momento de inércia  $I$ . A função de partição de cada molécula, é:

$$Z = \frac{V(2\pi m k_B T)^{3/2}}{h^3} \frac{8\pi^2 I k_B T}{h^3}$$

Se o gás se encontrar a 300 K, determine:

- Energia interna do gás
- A pressão do gás.

Um detetor de radiação é colocado a 2 m de uma bola metálica de 50 cm de raio, que se encontra aquecida à temperatura de  $600^\circ\text{C}$ . A que temperatura se irá encontrar o detetor quando se encontrar no equilíbrio, se nada mais existir além da bola aquecida ?

Considere um metal bidimensional com a forma de uma “caixa” quadrada de lado  $L = 1 \text{ cm}$  e com  $N$  electrões, em que a densidade de estados nestas condições é dada por  $g(\varepsilon) = \frac{m_e L^2}{2\pi \hbar^2}$ . Determine a energia de Fermi deste sistema (em eV), à temperatura de  $T=0\text{K}$ , se o metal for de cobre. (Nota:  $\sigma_{\text{Cu}} = 9 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2$ ;  $M(\text{Cu}) = 63.6 \text{ g/mol}$ , nº de electrões de valência do átomo de Cu = 2)

O isótopo  $^{14}\text{N}$  tem um spin nuclear (momento angular intrínseco/ $\hbar$ ) igual a 1 enquanto que o núcleo tem a forma de uma esfera oblata que dá origem a um momento quadripolar. Considere uma matriz sólida de  $^{14}\text{N}$  sujeito a um campo externo. Os núcleos terão uma posição fixa, mas o spin poderá assumir várias orientações relativamente a direcção do campo. Neste caso as energias que correspondem às várias orientações do spin possíveis são:  $\varepsilon = 10^{-4} \text{ eV}$  no caso de o spin ser paralelo ou anti-paralelo ao campo (spin =  $+1 \hbar$  ou  $-1 \hbar$ ) e zero se o spin é perpendicular ao campo (spin =  $0 \hbar$ ). Os spins dos diferentes núcleos são independentes, a temperatura é  $T = 300 \text{ K}$  (partículas distinguíveis a esta temperatura) e o número de moles é 0.5.

a) Mostre que para cada  $^{14}\text{N}$  a função de partição é  $Z = 1 + 2e^{-\beta\varepsilon}$ . No equilíbrio termodinâmico a uma temperatura  $T = 300 \text{ K}$ , qual é o valor médio da energia por spin?

b) Qual a razão entre o número de spins com energia  $\varepsilon$  e o número com energia 0.

c) Qual a entropia e a energia livre de Helmholtz do sistema de spins ?

d) Identificar se são bósons ou férmions e achar a energia interna do sistema a  $T = 0 \text{ K}$ .