Teste de Termodinâmica e Física Estatística

Licenciatura em Física e Mestrado Integrado em Engenharia Física

Universidade do Minho — 24 de Abril de 2021

PARTE I

1- O conceito de entropia assume um papel fundamental em Termodinâmica e Física Estatística.

(a) Indique quais as expressões da entropia para dois sistemas, um sistema isolado e outro em equilíbrio térmico com um reservatório à temperatura absoluta T e defina as quantidades físicas que nelas aparecem.

(b) Forneça a expressão da entropia no caso geral para qualquer tipo de equilíbrio e defina as quantidades físicas que nela aparecem.

(c) Mostre que nos casos de um sistema isolado e do sistema em equilíbrio térmico com um reservatório a expressão geral da alínea anterior se reduz às encontradas na alínea (a).

2- Considere um gás perfeito clássico, constituido por um número macroscópico N de átomos de massa m e contido num recipiente de volume V, em equilíbrio térmico com um reservatório de temperatura absoluta T.

(a) Qual a forma que a segunda lei da Termodinâmica assume para tal sistema? Justifique a sua resposta.

(b) Expresse a função de partição Z_1 de uma molécula do gás em termos do produto de duas funções de partição e forneça a expressão em termos de V, m e T daquela das duas que corresponde aos graus de liberdade de translação.

(c) Expresse a função de partição Z do gás em termos da correspondente função de partição Z_1 de uma molécula. Justifique a validade da expressão de Z.

(d) Use a expressão da alínea anterior e a fórmula de Stirling, na conveniente forma $N! = (N\,e^{-1})^N$, para chegar a uma expressão para a energia livre de Helmholtz do gás e mostre que desta última se pode tirar a equação de estado $PV = Nk_BT$ e a energia cinética média $(\frac{3}{2}k_BT)N$ do gás clássico perfeito.

PARTE II

1. Uma mole de um gás ideal (monoatómico), inicialmente confinada a um volume $V_1 = 10\ dm^3$ e a uma pressão $P_1 = 10^5$ Pa, sofre uma compressão isotérmica até um volume $V_2 = 1\ dm^3$, seguida de uma expansão adiabática até retomar o volume inicial.
   a) Represente o processo num diagrama PV.
   b) Calcule a pressão do gás no final do processo.
   c) Calcule a variação de entropia do gás.
   d) Determine a quantidade de calor que deve ser trocada com o gás para que ele retome, depois, a pressão inicial, através de um processo quase-estático a volume constante.

2. N momentos magnéticos independentes $\vec{\mu}$ estão localizados em nodos de uma rede e podem orientar-se apenas paralela ou antiparalelamente a um campo magnético $\vec{B}$ constante. Se o número de momentos magnéticos alinhados paralelamente ao campo for n, então a correspondente energia do sistema é $E(n) = -(2n - N)\mu B$ e o número de microestados acessível é $\Omega(n, N) = \frac{N!}{n!(N-n)!}$.
   a) Usando a aproximação de Stirling exprima a temperatura do sistema em função de n.
   b) Para momentos magnéticos de $1 \times 10^{-24}\ J/T$ num campo externo de 1 T, qual a temperatura que corresponde a $n = \frac{3}{5}N$?

Nota: $\ln(N!) \approx N ln(N) - N$ (aproximação de Stirling-de Moivre).
$k_B = 1{,}38 \times 10^{-23}\ J/K$

3. Um oscilador harmónico d=1 (espectro de energia $E_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$) está em equilíbrio térmico com um reservatório de calor a uma temperatura T. Obtenha:
   a) A função de partição Z.
   b) A energia de Helmholtz $F = -kT ln(Z)$
   c) A entropia S.
   d) A energia média $\bar{E}$.

Nota: Soma de uma série geométrica: $S = \frac{1^{\underline{o}}\ termo - último\ termo \times razão}{1 - razão}$