

PEF-112-Mecânica Estatística

Prof. Marcelo Leigui

Lista de Exercícios 5

Equilíbrio mecânico e difusivo

- Um litro de ar, inicialmente à temperatura ambiente e pressão atmosférica, é aquecido à pressão constante até que o seu volume dobra. Calcule o aumento da entropia desse processo.
- Um cilindro contém um litro de ar à temperatura ambiente (300 K) e à pressão constante (10^5 N/m²). Em uma extremidade do cilindro existe um pistão sem massa, cuja superfície é 0,01 m². Suponha que você empurra o pistão repentinamente, exercendo uma força de 2000 N. O pistão se move um centímetro somente, antes de parar devido à uma barreira qualquer.
 - Qual o trabalho feito por você sobre o sistema?
 - Quanto de calor foi adicionado ao sistema?
 - Assumindo-se que toda a energia adicionada vai para o gás (não para o pistão ou para as paredes do cilindro), de quanto a energia interna do gás aumenta?
 - Use a identidade termodinâmica para calcular a mudança na entropia do gás (uma vez que ele tenha atingido o equilíbrio).

- Medidas experimentais da capacidade térmica são usualmente expressadas através de uma fórmula empírica. Para um mol de grafite, uma fórmula que é válida para uma extensa faixa de temperaturas é:

$$C_P = a + bT - \frac{c}{T^2},$$

onde $a = 16,86$ J/K, $b = 4,77 \times 10^{-3}$ J/K² e $c = 8,54 \times 10^5$ J·K. Suponha então que um mol de grafite seja aquecido a pressão constante de 298 K até 500 K. Sabendo que, para o grafite, $S(298 \text{ K}) = 5,74$ J/K, calcule o aumento e o valor final da entropia neste processo.

- Use a identidade termodinâmica para derivar a fórmula da capacidade térmica a volume constante:

$$C_V = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_V,$$

que pode ser mais conveniente que a fórmula mais familiar escrita em termos de U .

- Considere um gás monoatômico ideal localizado a uma altura z acima do nível do mar. Além da sua energia cinética, cada molécula possui uma energia potencial mgz .

- Mostre que o potencial químico é o mesmo se o gás estivesse ao nível do mar, mais um termo adicional mgz :

$$\mu(z) = -kT \ln \left[\frac{V}{N} \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{3/2} \right] + mgz;$$

(Dica: este resultado pode ser derivado da fórmula $\mu = (\partial U / \partial N)_{S,V}$.)

- Suponha que há duas porções de gás hélio; um a nível do mar e outra à uma altura z , ambas com a mesma temperatura e volume. Assumindo-se que elas se encontram em um equilíbrio difusivo, mostre que o número de moléculas na porção superior é

$$N(z) = N(0)e^{-mgz/kT}.$$

6. Considerando que para um sólido de Einstein para o qual o número de osciladores N e a energia disponível q são muito grandes a multiplicidade pode ser descrita por:

$$\Omega \approx \left(\frac{q+N}{q}\right)^q \left(\frac{q+N}{N}\right)^N.$$

- (a) Mostre que o potencial químico é dado por:

$$\mu = -kT \ln\left(\frac{N+q}{N}\right);$$

- (b) Discuta os limites $N \gg q$ e $N \ll q$, concentrando-se na questão de quanto que a entropia aumenta quando outra partícula que não carrega energia é adicionada ao sistema. De acordo com sua intuição, a fórmula faz sentido?