Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos
7600023 - Termodinâmica e Física Estatística - 2023-2

Prof. Leonardo Paulo Maia

Lista 03 (fontes: [Salinas], [Blundell])

1. Mostre que, para qualquer gás à temperatura $T$,

$$P = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T .$$

2. Um gás com quantidade de matéria de $n$ mols é expandido de um volume inicial $V$ a um volume final $\alpha V$, onde $\alpha > 1$ é uma constante.

a. Para um gás ideal, calcule a variação da entropia do gás se tal expansão for (I) reversível e isotérmica e (II) se ocorrer uma expansão de Joule (expansão livre **adiabática**), sobre uma região em vácuo.

b. Para um gás de van der Waals de constantes $a$ e $b$,

$$\left(P + a\frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT,$$

(A) calcule a variação da entropia do sistema para uma expansão reversível e isotérmica e (B) mostre que a temperatura do gás decai por um fator proporcional a $\frac{\alpha-1}{\alpha}$ no processo de Joule.

3. Considere um gás que obedece as equações de estado $PV = nRT$ e $U = (5/2)nRT$. No espaço termodinâmico UV, o sistema vai linearmente do ponto $A = (1,4)$ ao ponto $B = (2,8)$ e dali, novamente em trajeto linear, segue para $C = (4,2)$. Determine $\Delta S = S_C - S_A$.

4. Seja $a$ uma constante positiva e $S(U,V) = aUV^2$ uma relação termodinâmica fundamental de um sistema na representação entrópica. Determine as equações de estado do sistema.

5. Estude todas os principais potenciais termodinâmicos (a energia interna $U$ e as 3 principais energias livres, Helmholtz, entalpia e Gibbs), calcule suas diferenciais em termos das suas variáveis naturais e obtenha todas as relações de Maxwell pertinentes.

6. Mostre que

$$U = -T^2 \left( \frac{\partial (F/T)}{\partial T} \right)_V$$

e que

$$H = -T^2 \left( \frac{\partial (G/T)}{\partial T} \right)_P .$$

7. Mostre que

$$\left( \frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = -T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$$

e que

$$\left( \frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = +T \left( \frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V .$$

8. Mostre que o quociente entre as compressibilidades isotérmica e adiabática de um fluido homogêneo é igual ao seu coeficiente adiabático.

9. Considerando $S = S(T, V)$, mostre que $C_P - C_V = VT\alpha_P^2/\kappa_T$, onde $\alpha_P$ é o coeficiente de expansão isobárica e $\kappa_T$ é a compressibilidade isotérmica de um fluido homogêneo.

10. O potencial químico de um fluido simples monoespécie é dado por

$$\mu = \mu_0(T) + k_B T \log \left[ \frac{P}{P_0(T)} \right],$$

onde as funções $\mu_0(T)$ e $P_0(T)$ são suaves. Mostre que $PV = NK_BT$. Determine $C_P$, $C_V$, $\kappa_T$, $\alpha_P$ e a energia de Helmholtz por partícula.

11. Um fluido puro é descrito pelo grão potencial $\Phi(T, V, \mu) = U - TS - \mu N$

$$\Phi = V f_0(T) \exp \left( \frac{\mu}{k_B T} \right),$$

onde a função $f_0(T)$ é suave. Determine as equações de estado nessa representação.

12. Se $a$ for apenas uma constante, obtenha a energia livre de Helmholtz por partícula $f(T, v)$ de um sistema com equações de estado $u = (3/2)Pv$ e $P = avT^4$.

13. Se $a$ e $c$ forem constantes dadas, obtenha a energia livre de Gibbs por partícula $g(T,P)$ de um sistema com relação fundamental

$$\left(\frac{S}{N} - c\right)^4 = a\frac{VU^2}{N^3}.$$

## Gabarito parcial

2. $\Delta S = 4nR\log 2$