



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Curso de Termodinâmica-GFI 00175

1º semestre de 2013 4ª série de Exercícios

Prof. Jürgen Stilck

1. Mostre que a relação:

$$\alpha = \frac{1}{T}$$

implica c_p independente da pressão, ou seja,

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p} \right)_T = 0.$$

2. (*) Diminui-se o volume de um sistema em 1%, mantendo o número de moles constante e em condições adiabáticas. Estime a variação do potencial químico em termos de c_p , α e κ_T .

3. Mostre que

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v - p.$$

Se um fluido segue equações de estado do tipo:

$$p(T, v) = Tw(v) - q(v)$$

e

$$u(T, p) = cT - r(v),$$

use a identidade provada acima para mostrar que as funções $q(v)$ e $r(v)$ devem estar relacionadas por $r'(v) = -q(v)$. Mostre que a equação de estado de van der Waals tem a forma acima, determinando as funções $w(v)$ e $q(v)$. Obtenha para o modelo a função $r(v)$.

4. Exprima a derivada

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_H$$

em termos de c_p , α e κ_T . Mostre que esta derivada se anula para um gás ideal.

5. No processo de Joule-Thompson, o gás passa por uma parede porosa. A pressão antes do processo é p_i e depois passa a $p_f < p_i$. Não há troca de calor no processo, que ocorre a entalpia constante. A variação da temperatura do gás está relacionada com o coeficiente de Joule-Thompson

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = \frac{V}{C_p}(T\alpha - 1),$$

onde C_p é a capacidade térmica a pressão constante e α é o coeficiente de dilatação térmica do gás.

a) Mostre que para um gás ideal $\mu_{JT} = 0$ e portanto a temperatura do gás não é alterada no processo.

b) Suponha agora que, numa aproximação melhor, consideramos a expansão virial para um gás, escrevendo a sua equação de estado como:

$$\frac{pv}{RT} = 1 + \frac{B_2(T)}{v} + \dots,$$

onde o coeficiente virial $B_2(T) = A - B/T$, com A e B constantes positivas e desprezando termos de ordem superior. A curva de inversão no plano (T, p) separa os estados iniciais do gás que levam a um aquecimento no processo Joule-Thompson daqueles onde ocorre um resfriamento. Obtenha a curva de inversão para esse gás em termos das constantes definidas acima.

c) Quais são as unidades das constantes A e B e de qual lado da curva de inversão obtida ocorre resfriamento? Justifique as suas respostas.

6. Obtenha a equação que dá a curva de inversão para gases que obedeçam

- a) À equação de estado de van der Waals.
- b) À equação de estado de Dietrici.
- c) À equação de estado de Berthelot.

7. Mostre que a energia interna de gases que obedecem às equações de estado de van der Waals, de Dietrici e de Berthelot depende do volume, além da temperatura. Mostre que isso vale também para a expansão virial, desde que os coeficientes viriais não sejam independentes da temperatura.
8. Determine o segundo coeficiente virial B_2 para gases que obedecem às equações de estado de van der Waals, de Dietrici e de Berthelot.