



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Curso de Termodinâmica-GFI 04116

2^o semestre de 2011 6^a série de Exercícios

Prof. Jürgen Stilck

1. Na teoria de Debye para a capacidade térmica de sólidos, a energia livre de Helmholtz molar de um sólido é dada por:

$$f = u_0 + 3RT \ln[1 - \exp(-\theta_D/T)] - RTD(\theta_D/T),$$

onde θ_D é a temperatura de Debye e a função $D(x)$ é definida pela integral:

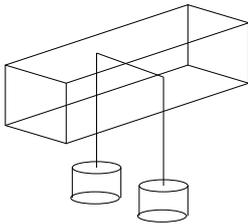
$$D(x) = \frac{3}{x^3} \int_0^x \frac{\xi^3}{e^\xi - 1} d\xi.$$

- a) Mostre que a energia livre molar é dada por:

$$u = u_0 + 3RTD(\theta_D/T).$$

- b) Obtenha a capacidade térmica molar c_v .
 - c) Determine o comportamento para altas e baixas temperaturas (comparadas com θ_D) de f , u e c_v , mostrando que a teoria reproduz o comportamento experimental de c_v mencionado no exercício anterior.
2. Determine a entropia absoluta molar s do vapor de nitrogênio à pressão de 1 atm e na temperatura de ebulição T_e . Compare com a variação de entropia Δs entre o nitrogênio sólido à temperatura nula e o vapor de nitrogênio a $T = T_e$, usando os dados calorimétricos da tabela 6.5 do livro texto.

3. Numa demonstração relacionada à fusão da água, apóia-se uma pedra de gelo sobre dois suportes e é colocado transversalmente sobre o bloco um fio fino a cujas extremidades estão presos dois pesos (vide figura). Nota-se então que lentamente o fio *atravessa* o bloco de gelo, sendo que o bloco permanece intacto, mesmo depois do fio tê-lo atravessado completamente (assumimos que o seu derretimento natural possa ser desprezado). Explique este fenômeno com base na linha de fusão do diagrama de fases da água (figura 7.1 do livro texto).



4. Um líquido à pressão de 800 mm Hg ferve à temperatura de 127 °C. Seu calor latente de vaporização é de 1000 cal/mol. Estime a temperatura na qual ele ferve à pressão de 810 mm Hg.
5. A baixas temperaturas, a energia livre de Helmholtz molar $f(T, v)$ do modelo de van der Waals para um fluido pode ser aproximada por duas expressões que descrevem as fases líquida e gasosa, que são:

$$f_L = -RT \ln(v - b) - \frac{a}{b} + \frac{a}{b^2}(v - b) + K(T),$$

e

$$f_G = -RT \ln v + K(T),$$

onde $K(T)$ é uma função de T apenas.

- a) Fazendo uma transformada de Legendre, determine as energias livres molares do líquido e do gás.
- b) Obtenha a linha de coexistência igualando as energias de Gibbs das duas fases.
- c) Determine v_L , v_G e o calor latente de ebulição ℓ como funções da temperatura.
6. Na vizinhança do ponto triplo, a linha de coexistência líquido-vapor da amônia pode ser aproximada por:

$$\ln P = 24,38 - \frac{3063}{T},$$

com P medido em Pascal e T em graus Kelvin. Já a linha de coexistência sólido-vapor é, aproximadamente, dada por:

$$\ln P = 27,92 - \frac{3754}{T}.$$

- a) Determina a temperatura e a pressão do ponto triplo da amônia.
- b) Obtenha os calores latentes de ebulição e de sublimação na vizinhança do ponto triplo.
- c) Qual é o calor latente de fusão no ponto triplo.