

Lista 10 - FCM0102

1. Uma casca esférica espessa, de material com a condutividade térmica k , tem o raio interno r_1 e o externo r_2 . O interior da casca é mantido na temperatura T_1 e o exterior na temperatura T_2 . Queremos demonstrar que a corrente térmica na casca esférica é dada por

$$I = \frac{4\pi k r_1 r_2}{r_2 - r_1} (T_1 - T_2). \quad (1)$$

Imagine uma fina casca esférica no interior da casca espessa de raio r e a espessura dr .

(a) Por que a corrente térmica através de qualquer uma dessas finas cascas (com $r_1 < r < r_2$) deve ser sempre a mesma?

(b) Determine a corrente térmica I através de uma dessas finas cascas, em termos da área $A = 4\pi r^2$, da espessura dr e da diferença de temperatura dT entre suas superfícies.

(c) Integre a expressão do item anterior e mostre a Eq. (1).

(d) Mostre que quando r_1 e r_2 forem muito maiores do que $r_2 - r_1$, a Eq. (1) coincide com a

$$I = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}.$$

2. Um balão para armazenamento de hélio líquido tem um “super-isolamento” de 7 cm de espessura, constituído por um grande número de delgadas folhas de Mylar aluminizadas. A taxa de evaporação do líquido em um balão de 200 ℓ é cerca de 0,700 ℓ por dia. Vamos admitir que o balão seja esférico e que a temperatura ambiente seja de 20 °C. A densidade relativa do hélio líquido é 0,125 e o seu calor latente de vaporização é 21,0 kJ/kg. Estime a condutividade térmica do “super-isolamento”.

3. Um corpo, inicialmente na temperatura T_i encontra-se numa sala com a temperatura T_f . Suponha que o resfriamento se faz conforme a lei de Newton, $dQ/dt = hA(T - T_f)$, com A a área do corpo, h o coeficiente superficial de transferência de calor, e T a temperatura instantânea do corpo.

(a) Mostre que a temperatura T , em função do tempo t , é dada por $T = T_f + (T_i - T_f) \exp(-hAt/C)$, onde C é a capacidade térmica do corpo.

(b) Calcule a quantidade total de calor Q conduzida como função do tempo.

(c) Calcule o tempo que leva para o corpo atingir a temperatura $\frac{T_i + T_f}{2}$.

4. Um disco maciço, de raio R e massa M , gira num ambiente em que não há atrito, com a velocidade angular ω_1 na temperatura T_1 . A temperatura do disco, num certo tempo, passa a T_2 . Sendo α o coeficiente de expansão linear do disco, calcule a nova velocidade angular ω_2 , a energia cinética de rotação K_2 , e o momento angular L_2 .

5. Num dia frio de inverno, onde a temperatura do ar sobre um lago é T_{ar} (menor que a temperatura de fusão T^* da água), gelo sobre a água começa a ser formado. A água sob o gelo permanece na temperatura de fusão T^* . Sendo ρ e k a densidade e condutividade térmica do gelo, respectivamente, e L o calor latente de fusão da água, calcule a espessura da camada de gelo ℓ como função do tempo t decorrido após o início do processo de congelamento. Usando que $k = 4 \cdot 10^{-3}$ cal/s cm °C, $\rho = 0,92$ g/cm³ e $L = 80$ cal/g, qual a espessura da camada de gelo formada após 1 hora de congelamento quando $T_{\text{ar}} = -10$ °C?

6. Salmoura a -16 °C circula através de tubos de cobre, com paredes de 1,5 mm, para resfriar a 0 °C uma sala refrigerada. O diâmetro de cada tubo é muito grande diante da espessura das paredes. Qual a diminuição relativa da transferência de calor através dos tubos quando houver uma camada de 5 mm de gelo cristalizada sobre a superfície externa?

7. Um tubo condutor de vapor de água, de comprimento L , está isolado por uma camada de material com a condutividade térmica k . Calcular a taxa de transferência de calor se a temperatura no exterior do isolamento for de t_1 a temperatura no interior for t_2 , o raio externo do isolamento for r_1 e o interno r_2 .

8. Calcule $\lambda_{\text{máx}}$ (o comprimento de onda no qual a potência máxima é emitida por irradiação) para os seguintes casos:

- (a) para a pele humana,
- (b) para a radiação cósmica de fundo.

9. Qual a faixa de temperaturas nas superfícies das estrelas para qual $\lambda_{\text{máx}}$ está no visível?

10. Sabe-se que a luminosidade da estrela Rigel é aproximadamente $1,2 \cdot 10^5 L_{\odot}$, onde L_{\odot} é a luminosidade do Sol. Sabe-se ainda que a temperatura em sua superfície é aproximadamente $2,1 T_{\odot}$, onde T_{\odot} é a temperatura média na superfície do Sol. Qual o tamanho de Rigel? Compare com a distância entre o Sol e o planeta Mercúrio.

11. Sendo as constantes de van der Waals para o hélio $a = 0,03412 \ell^2 \text{ atm/mol}^2$ e $b = 0,0237 \ell/\text{mol}$, estime o raio do átomo de hélio.

12. (Desafio) (a) Mostre que as constantes críticas do gás de van der Waals são $v_c = 3b$, $RT_c = 8a/27b$ e $P_c = a/27b^2$.
(b) Reescreva a equação de van der Waals em termos de variáveis reduzidas (adimensionais) $\omega = v/v_c$, $\pi = P/P_c$ e $\tau = T/T_c$, e mostre que ela se torna universal, ou seja, a mesma para todas as substâncias.