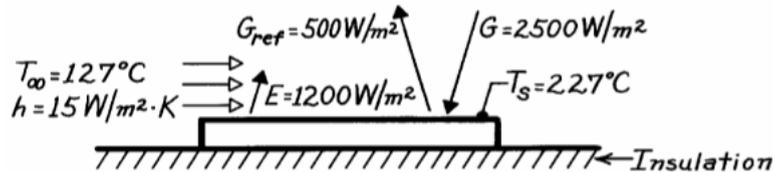


Lista de exercícios resolvidos 14 – Radiação

- 1- Considere uma placa horizontal opaca que se encontra isolada na sua superfície inferior. A irradiação sobre a placa é de 2500 W/m^2 , da qual 500 W/m^2 são refletidos. A placa está a 227°C e possui um poder emissivo de 1200 W/m^2 . Ar, a 127°C , escoava sobre a placa com um coeficiente de transferência de calor de $15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Determine a emissividade, a absorvidade e a radiosidade da placa. Qual é a taxa de transferência de calor líquida por unidade de área?
- 2- Uma esfera de 30 mm de diâmetro cuja superfície é difusa e cinza com uma emissividade de 0,8 é posta em um forno de grandes dimensões em que as paredes se encontram à temperatura uniforme de 600 K. A temperatura do ar no forno é de 400 K, e o coeficiente de transferência de calor por convecção entre a esfera e o ar no forno é de $15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
 - a) Determine a transferência de calor líquida para a esfera quando sua temperatura é de 300 K;
 - b) Qual será a temperatura em regime permanente da esfera?
- 3- Um coletor solar quadrado de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ é colocado no telhado de uma casa. Ele recebe um fluxo de radiação solar de 800 W/m^2 . Supondo que a área ao seu redor atue como um corpo negro em uma temperatura efetiva do céu de 30°C , calcule a temperatura de equilíbrio do coletor supondo que ele seja horizontal, se comporte como uma superfície negra e perca calor por convecção natural para o ar ambiente a 30°C .
- 4- Um cilindro maciço, com 30 mm de diâmetro e 150 mm de comprimento, é aquecido em um grande forno cujas paredes se encontram a 1000 K, enquanto ar a 400 K e a uma velocidade de 3 m/s circula no seu interior. A superfície do cilindro é difusa e cinza com uma emissividade de 0,5. Estime a temperatura do cilindro em regime estacionário se:
 - a) O escoamento é cruzado ao cilindro.
 - b) A superfície do cilindro está posicionada de tal forma que o escoamento de ar é longitudinal.

Soluções da Lista de Exercícios 14

1-



Emissividade: $\varepsilon = \frac{E(T)}{E_{cn}(T)} = \frac{1200}{\sigma T^4} = \frac{1200}{5,670 \times 10^{-8} \times 500^4} = 0,34$

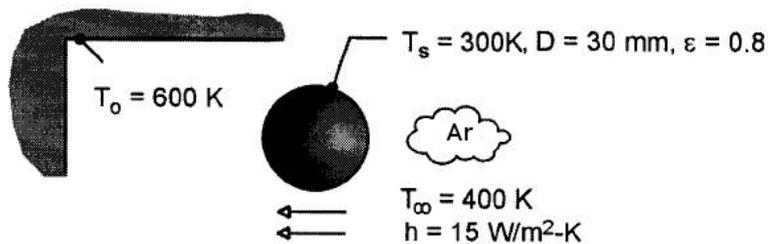
Absortividade: $\alpha = \frac{G_{abs}}{G} = \frac{G - G_{ref}}{G} = 0,8$

Radiosidade: $J = G_{ref} + E = 1700 \text{ W/m}^2$

Taxa de transferência de calor líquida:

$$q'' = G - G_{ref} - E - h(T_s - T_\infty) = 2500 - 500 - 1200 - 15 \times 100 = -700 \text{ W/m}^2$$

2-



a)

$$q_{liq} = q_{rad} + q_{conv} = \underbrace{A_s}_{\pi D^2} [\varepsilon \sigma (T_o^4 - T_s^4) + \bar{h} (T_\infty - T_s)]$$

$$q_{liq} = \pi \times 0,03^2 \times [0,8 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (600^4 - 300^4) + 15 \times (400 - 300)]$$

$$q_{liq} = 19,8 \text{ W}$$

b) $q_{liq} = 0 \Rightarrow q_{rad} = -q_{conv} \Rightarrow \varepsilon \sigma (T_o^4 - T_s^4) = -\bar{h} (T_\infty - T_s)$

$$4,536 \times 10^{-8} T_s^4 - 15 T_s + 11878,66 = 0 \Rightarrow T_s = 538,2 \text{ K}$$

3-

$$q''_{\text{sol}} = q''_{\text{rad}} + q''_{\text{conv}}$$

$$q''_{\text{sol}} = 800 \text{ W/m}^2, \quad q''_{\text{rad}} = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{\text{viz}}^4), \quad q''_{\text{conv}} = \bar{h}(T_s - T_\infty)$$

$T_\infty = T_{\text{viz}} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$, $\varepsilon = 1$ (corpo negro). Tenho que determinar \bar{h} .

Estimando $T_f = 325 \text{ K}$ ($T_s = 347 \text{ K}$), as propriedades do ar são

$$\nu = 18,40 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad \alpha = 26,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad Pr = 0,7035,$$

$$\beta = 1/T_f = 3,08 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \quad k_f = 28,1 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$L = \frac{A_s}{P} = \frac{1 \times 1}{4 \times 1} = 0,25 \text{ m} \quad Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} = 4,305 \times 10^7$$

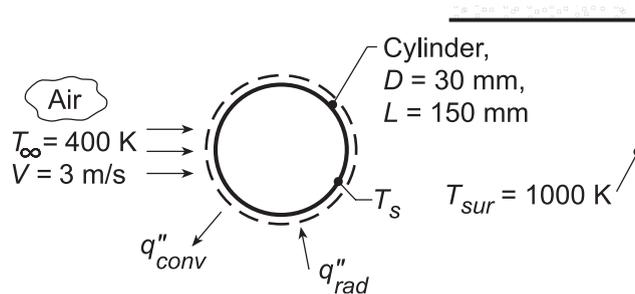
$$\overline{Nu}_L = 0,15Ra_L^{1/3} = 52,6 \quad \bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L k_f}{L} = 5,91 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Substituindo no balanço de energia:

$$800 = 5,67 \times 10^{-8}(T_s^4 - 303^4) + 5,91(T_s - 303) \Rightarrow T_s = \sqrt[4]{\frac{519,23 - T_s}{9,5939 \times 10^{-9}}}$$

Procedimento iterativo fornece $T_s = 359 \text{ K}$, que tem uma diferença com relação ao valor estimado de $3,3\% < 5\% \rightarrow \text{OK!}$

4-



Em regime permanente:

$$q''_{\text{rad}} + q''_{\text{conv}} = 0 \Rightarrow \varepsilon\sigma(T_{\text{viz}}^4 - T_s^4) + \bar{h}(T_\infty - T_s) = 0$$

Para calcular \bar{h} , preciso estimar T_f . Propriedades do ar para $T_f = 600 \text{ K}$:

$$\nu = 52,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad k_f = 46,9 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), \quad Pr = 0,685$$

a) Escoamento cruzado: $Re_D = \frac{\bar{V}D}{\nu} = 1710$

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62Re_D^{1/2}Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5} = 20,8$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D k_f}{D} = 32,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Substituindo no balanço de energia:

$$0,5 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (1000^4 - T_s^4) - 32,4 \times (T_s - 400) = 0 \quad \Rightarrow \quad T_s = 840 \text{ K}$$

Diferença de T_s estimado (800 K) é de 5%. Usando $T_f = 620 \text{ K}$:

$$\nu = 55,70 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad k_f = 48,0 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), \quad Pr = 0,687$$

$$Re_D = 1620, \quad \overline{Nu}_D = 20,2, \quad \bar{h} = 32,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \quad \boxed{T_s = 840 \text{ K}}$$

b) Escoamento longitudinal. Assumindo $T_f = 620 \text{ K}$:

$$Re_L = \frac{VL}{\nu} = 8,08 \times 10^3 \quad \Rightarrow \quad \text{laminar}$$

$$\overline{Nu}_L = 0,664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3} = 52,7, \quad \bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L k_f}{L} = 16,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$T_s = 913 \text{ K}$, que é muito diferente da estimativa inicial.

Usando $T_f = 650 \text{ K}$:

$$\nu = 60,21 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, \quad k_f = 49,7 \times 10^{-3} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), \quad Pr = 0,690$$

$$Re_D = 7470, \quad \overline{Nu}_D = 50,7, \quad \bar{h} = 16,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}), \quad \boxed{T_s = 913 \text{ K}}$$