Transmissão de calor

3º Ano

Aula 22 ▫ Aula Prática-8

- Factor de Forma
- Radiosidade

11.2 O factor de Forma

O factor de forma $F_{A2 \rightarrow A1}$ é determinado pela equação anterior trocando os subscritos 1 por 2.

$$F_{21} = F_{A_2 \rightarrow A_1} = \frac{Q_{A_2 \rightarrow A_1}}{Q_{A_2}} = \frac{1}{A_2} \int_{A_2} \int_{A_1} \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{\pi r^2} dA_1 dA_2 \qquad \textbf{(11.9)}$$

Combinando as Equações 11.8 e 11.9 depois de multiplicar a primeira por A_1 e a última por A_2 obtém-se:

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \qquad \textbf{(11.10)}$$

*Que é conhecida como **relação de reciprocidade** para os factores de forma. Ela permite calcular os factores de forma conhecendo o outro*

11.3.2 Regra da Soma

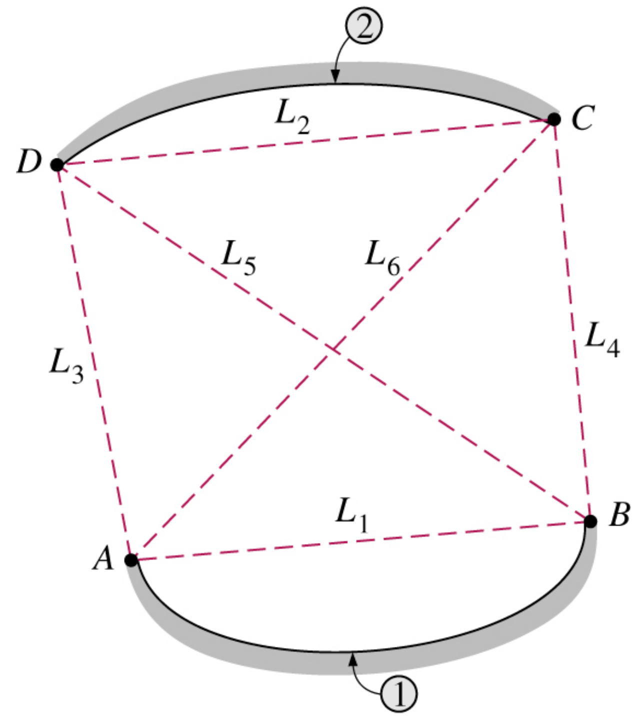
A soma dos factores de forma da superfície ***i*** *de um recinto para todas as superfícies desse recinto, incluindo ela mesma, deve ser igual a unidade. Isto é conhecido como a* ***regra da soma*** *para o recinto e é expresso como:*

$$\sum_{i=1}^{N} F_{i \to j} = 1 \qquad \textbf{(11.12)}$$

onde N é o número de superfícies do recinto.

11.3.4 Superfícies infinitamente longas: O Método das Cordas Cruzadas

Hottel demonstrou que o factor de forma $F_{1\rightarrow 2}$ pode ser expresso em termos dos comprimentos das linhas rectas que se cruzam e que não se cruzam, como:

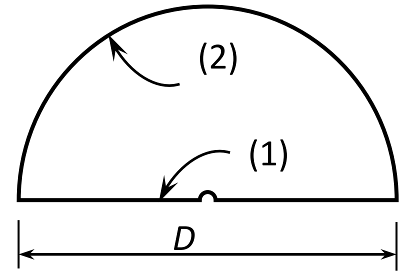


$$F_{1\rightarrow 2} = \frac{(L_5 + L_6) - (L_3 + L_4)}{2L_1} \quad \textbf{(11.15)}$$

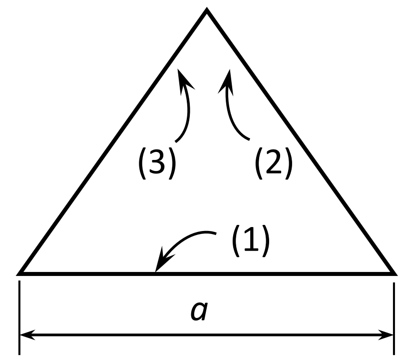
Problema -22.1(I)

Pretende-se determiner dois factores de forma associados a três condutas longas de geometrias diferentes, apresentadas na figura.

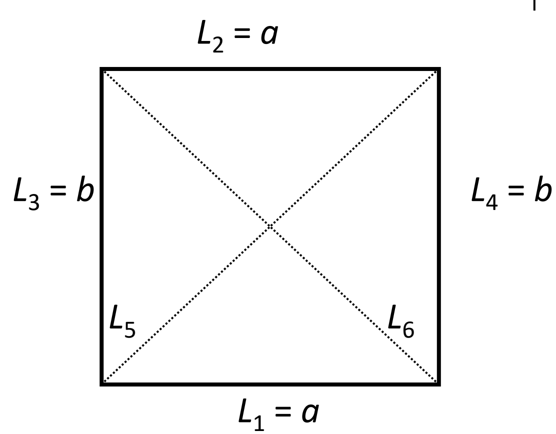
a)



b)



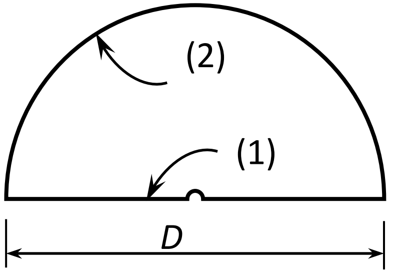
c)



Problema -22.1 (Resolução I)

Assume-se:

As Superfície são emissores difusos



a) Superfície (1) é plana portanto, $F_{11} = 0$

Regra de somatório:

$$F_{11} + F_{12} = 1 \rightarrow F_{12} = \mathbf{1}$$

Da regra de reciprocidade:

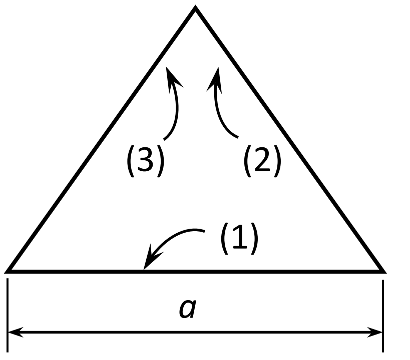
$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \longrightarrow F_{21} = \frac{A_1}{A_2} F_{12} = \frac{Ds}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)s}(1) = \frac{2}{\pi} = \mathbf{0{,}64}$$

Problema -22.1 (Resolução II)

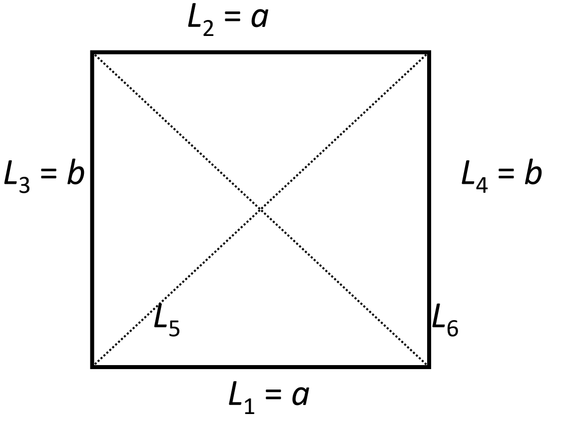
b) Note que a superfície 2 e 3 são simétricas, portanto:

$F_{12} = F_{13}$, e da regra de somatório

$$F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1 \longrightarrow 0 + F_{12} + F_{13} = 1 \longrightarrow F_{12} = \mathbf{0{,}5}$$



c) Do método das cordas cruzadas:

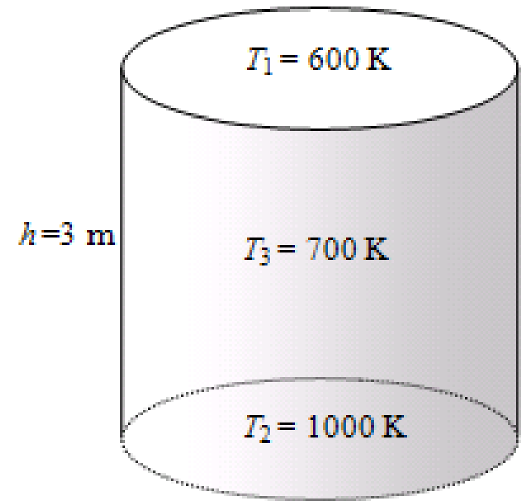


$$F_{12} = F_{21} = \frac{(L_5 + L_6) - (L_3 + L_4)}{2\,L_1}$$

$$= \frac{2\sqrt{a^2 + b^2} - 2b}{2a} = \frac{\sqrt{\mathbf{a}^2 + \mathbf{b}^2} - \mathbf{b}}{\mathbf{a}}$$

Problema -22.2 (I)

As superfícies de um forno cilíndrico de 1,8 m de raio, são mantidas a temperatura uniforme. Considerando as superfícies, corpos negros e de acordo com os dados da figura, determine a taxa de radiação emitida a partir da base para as outras superfícies. O factor de forma entre a base e a superfície lateral é de 0,45.



Problema -22.2 (Resolução I)

Assume-se:

1. Condições de regime estacionário;
2. As superfícies são corpos negros;
3. Despreza-se a troca de calor por convecção.

Propriedades: a emissividade de todas as superfícies é $\varepsilon = 1$. Considera-se o forno um corpo fechado. Sendo todas as superfícies negras, a radiosidade é igual ao poder emissivo das superfícies e a taxa de radiação pode ser determinada por:

$$\dot{Q} = A_2 F_{21} \sigma (T_2^{\,4} - T_1^{\,4}) + A_2 F_{23} \sigma (T_2^{\,4} - T_3^{\,4})$$

$$A_2 = \pi r^2 = \pi (1{,}8\,\text{m})^2 = 10{,}2\ \text{m}^2$$

Problema -22.2 (Resolução II)

Sendo o cilindro um invólucro.

$$F_{22} + F_{21} + F_{23} = 1$$

$$F_{22} = 0 \rightarrow F_{21} = 1 - 0{,}45 = 0{,}55$$

E a taxa de radiação emitida será:

$$\dot{Q} = A_2 F_{21} \sigma (T_2{}^4 - T_1{}^4) + A_2 F_{23} \sigma (T_2{}^4 - T_3{}^4)$$

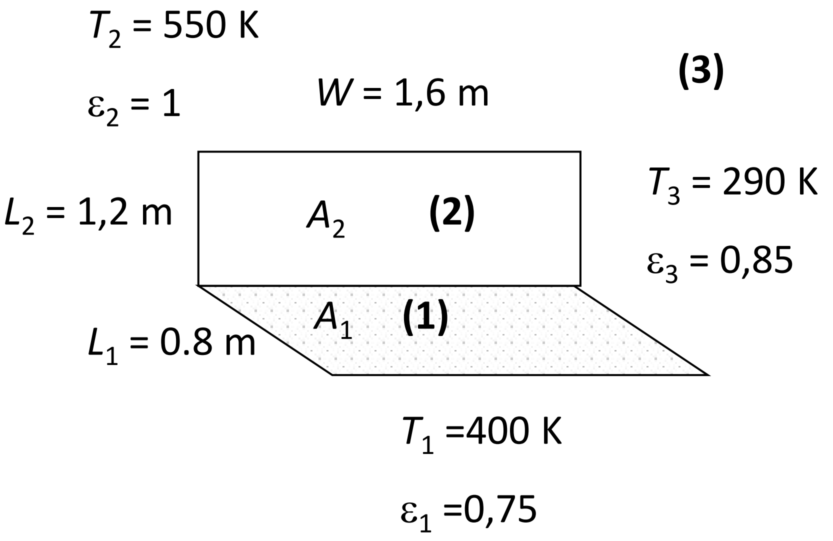
$$\dot{Q} = (10{,}2\ \mathrm{m}^2)(5{,}67 \times 10^{-8}\ \mathrm{W/m^2.K^4})\left[0{,}55(1000^4\mathrm{K}\text{-}600^4\mathrm{K}) + 0{,}45(1000^4 K - 700^4 K)\right]$$

$$\dot{Q} = 57{,}834 \times 10^{-8}(0{,}55 \times 870{,}4 \times 10^{11} + 0{,}45 \times 759{,}9 \times 10^{11})$$

$$\dot{Q} = 57{,}834(478{,}72 \times 10^{11} + 341{,}96 \times 10^{11}) = 472{,}955\ kW$$

Problema -22.3 (I)

Duas superfícies rectangulares e perpendiculares com uma aresta comum, são mantidas a uma temperatura especificada. Pretende-se determinar a taxa de radiação entre as duas superfícies e a taxa de radiação que a superfície horizontal emite para o ambiente.



Problema -22.3 (Resolução I)

Assume-se:

1. Condições de regime estacionário;
2. As superfícies são opacas, difusas e cinzas;
3. Despresamos a troca de calor por convecção.

As emissividades da superfície horizontal e do ambiente são $\varepsilon_1 = 0{,}75$ e $\varepsilon_3 = 0{,}85$ respectivamente. Consideremos que o sistema é composto por três superfícies anexas.

O factor de forma da superfície 1 para 2 determina-se de:

$$\left.\begin{aligned} \frac{L_1}{W} &= \frac{0{,}8}{1{,}6} = 0{,}5 \\ \frac{L_2}{W} &= \frac{1{,}2}{1{,}6} = 0{,}75 \end{aligned}\right\} F_{12} = 0{,}27$$

Problema -22.3 (Resolução II)

As áreas determinam-se de:

$$A_1 = (0,8\ \mathbf{m})(1,6\ \mathbf{m}) = 1,28\ \mathbf{m^2}$$

$$A_2 = (1,2\ \mathbf{m})(1,6\ \mathbf{m}) = 1,92\ \mathbf{m^2}$$

A área do ambiente determina-se assumindo que este tem a forma de superfíceis planas anexas as superfícies 1 e 2.

$$A_3 = 2 \times \frac{1,2 \times 0,8}{2} + \sqrt{0,8^2 + 1,2^2} \times 1,6 = 3,268\ \mathbf{m^2}$$

Da regra de reciprocidade:

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \longrightarrow (1,28)(0,27) = (1,92) F_{21} \longrightarrow F_{21} = 0,18$$

Problema -22.3 (Resolução III)

Da regra de somatório:

$$F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1 \longrightarrow 0 + 0,27 + F_{13} = 1 \longrightarrow F_{13} = 0,73$$

$$F_{21} + F_{22} + F_{23} = 1 \longrightarrow 0,18 + 0 + F_{23} = 1 \longrightarrow F_{23} = 0,82$$

Da regra de reciprocidade:

$$A_1 F_{13} = A_3 F_{31} \longrightarrow (1,28)(0,73) = (3,268) F_{31} \longrightarrow F_{31} = 0,29$$

$$A_2 F_{23} = A_3 F_{32} \longrightarrow (1,92)(0,82) = (3,268) F_{32} \longrightarrow F_{32} = 0,48$$

A radiosidade de cada superfície determina-se de:

$$\sigma T_1^4 = J_1 + \frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1}\left[F_{12}(J_1 - J_2) + F_{13}(J_1 - J_3)\right]$$

Problema -22.3 (Resolução IV)

Superfície 1.

$$\sigma T_1^4 = J_1 + \frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1}\left[F_{12}(J_1 - J_2) + F_{13}(J_1 - J_3)\right]$$

$$(5,67\times 10^{-8}\ \mathbf{W/m^2.K^4})(400\ \mathbf{K})^4 = J_1 + \frac{1-0,75}{0,75}\left[0,27(J_1 - J_2) + 0,73(J_1 - J_3)\right]$$

Superfície 2.

$$\sigma T_2^4 = J_2 \longrightarrow (5,67\times 10^{-8}\ \mathbf{W/m^2.K^4})(550\ \mathbf{K})^4 = J_2$$

Superfície 3.

$$\sigma T_3^4 = J_3 + \frac{1-\varepsilon_3}{\varepsilon_3}\left[F_{31}(J_3 - J_1) + F_{32}(J_3 - J_2)\right]$$

$$(5,67\times 10^{-8}\ \mathbf{W/m^2.K^4})(290\ \mathbf{K})^4 = J_3 + \frac{1-0,85}{0,85}\left[0,29(J_1 - J_2) + 0,48(J_1 - J_3)\right]$$

Problema -22.2 – Resolução (V)

Calculando o sistema de equações resulta:

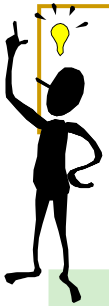
$$J_1 = 1587 \ \mathbf{W/m^2}, \quad J_2 = 5188 \ \mathbf{W/m^2}, \quad J_3 = 811,5 \ \mathbf{W/m^2}$$

E a taxa de radiação emitida da superfície 1 para 2 será:

$$\dot{Q}_{21} = -\dot{Q}_{12} = -A_1 F_{12}(J_1 - J_2) = -(1,28 \ \mathbf{m^2})(0,27)(1587 - 5188)\mathbf{W/m^2} = \mathbf{1245 \ W}$$

E da superfície 1 para o ambiente:

$$\dot{Q}_{13} = A_1 F_{13}(J_1 - J_3) = (1,28 \ \mathbf{m^2})(0,73)(1587 - 811,5)\mathbf{W/m^2} = \mathbf{725 \ W}$$

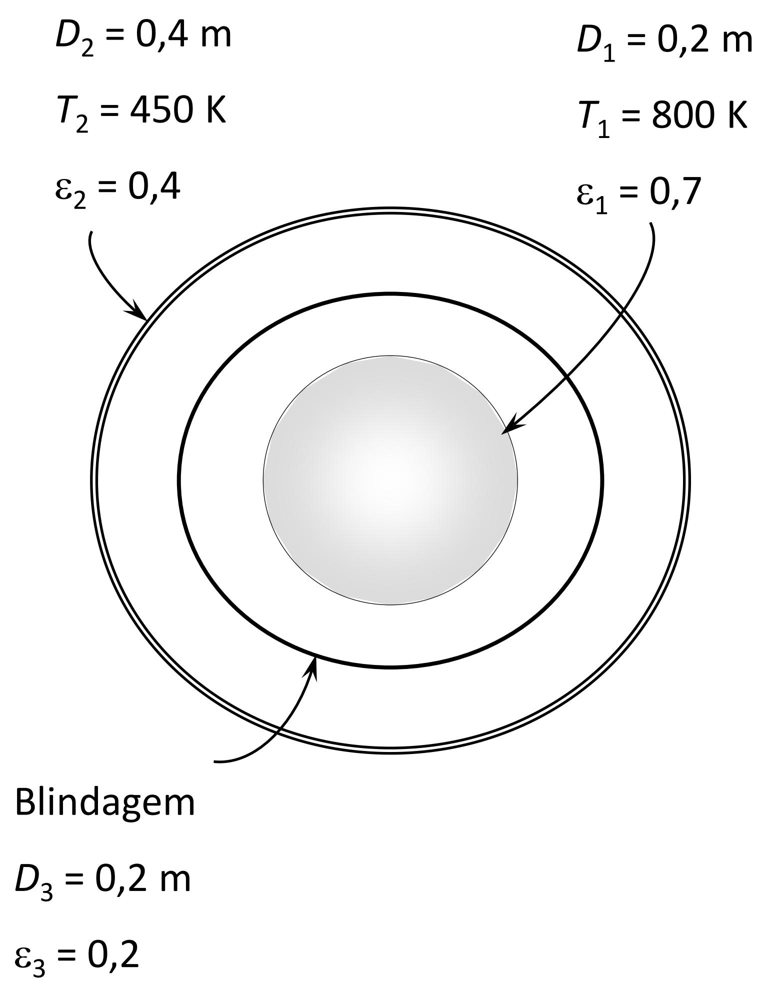


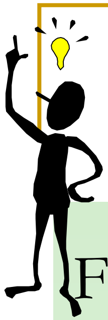
Trabalho Para Casa 08 (I)

Dois cilindros coaxiais de diâmetros D_1=0,20 m e D_2=0,40 m e emissividades ε_1 = 0,7 e $\varepsilon 2$ = 0,4 são mantidos a temperaturas uniformes de T_1=800 K e T_2=450 K, respectivamente. Um escudo de radiação coaxial (blindagem) de diâmetro D_3=0,30 m e emissividade ε_3=0,2 é colocado entre os dois cilindros.

Investigue os efeitos do diâmetro externo do cilindro e da emissividade da blindagem contra radiação, na taxa líquida de transferência de calor por radiação entre os dois cilindros.

Trabalho Para Casa 08 (II)





Trabalho Para Casa 08 (III)

Faça o diâmetro do cilindro externo variar de 0,40 m a 0,58 m com o passo de 0,02, fixando a emissividade em ε_3=0,2 e faça a emissividade variar de 0,05 a 0,32, com o passo de 0,03, fixando o diâmetro externo em D_2=0,40. Trace a curva da taxa de transferência de calor por radiação em função do diâmetro e da emissividade e apresente as conclusões.

Enviar até a 0 hora da terça-feira dia 17 de Maio de 2024, com o "subject": TPC08.