Corso di Fisica Tecnica B. Prof. A. Carbonari. Terza Prova Intermedia.

Trasm. Globale del calore. Resistenze termiche in serie

1.B) - Una parete multistrato è così costituita:
- strato 1: intonaco spessore 2 cm e λ_1 = 0.35 W/(m °C),
- strato 2: laterizio spessore 20 cm e λ_2 = 0.5 W/(m °C),
- strato 3: intercapedine d'aria avente resistenza R = 0,2 m^2°C/ W,
- strato 4: isolante con spessore di 5 cm,
- strato 5: forati spessore 8 cm e λ_5 = 0.3 W/(m °C),
- strato 6: intonaco spessore 2 cm e λ_1 = 0.35 W/(m °C),
- coefficienti di adduzione interno ed esterno rispettivamente: 8 e 23 W/(m^2°C).

trovare la conduttività dello strato di isolante, sapendo che la differenza di temperatura tra interno ed esterno è pari a 30 °C ed il flusso termico che attraversa la parete è di 12 W/m2

il flusso termico specifico (per m2 di parete) è:

q = K ? t

dove:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{i=1}^{N} \frac{s_i}{l_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{1}{C_j} + \frac{1}{h_{est}}}$$

in cui: h_{int}, h_{est} = coefficienti di scambio termico per convezione e radiazione lato interno e lato esterno [W/(m^2 K)];
s_i = spessore dello strato i-esimo della parete [m];
$?_i$ = conducibilità termica dello starato i-esimo [W/(m K)];
Cj = conduttanza termica dello strato j-esimo [W/(m^2 K)] .

Pertanto:

$$12 = \frac{30}{\frac{1}{8} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.2}{0.5} + 0.2 + \frac{0.05}{l_i} + \frac{0.08}{0.3} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{1}{23}} [W/m^2]$$

$$\frac{1}{l_i} = \left(\frac{30}{11} - 1.264\right) / 0.05 = 29.26 \rightarrow l_i = 0.034$$

1) - Una parete multistrato è così costituita:

- strato 1: intonaco spessore 2 cm e λ_1 = 0.35 W/(m °C),
- strato 2: laterizio spessore 20 cm e λ_2 = 0.5 W/(m °C),
- strato 3: intercapedine d'aria avente resistenza R = 0,2 m^2°C/ W,
- strato 4: forati spessore 8 cm e λ_4 = 0.3 W/(m °C),
- strato 5: intonaco spessore 2 cm e λ_1 = 0.35 W/(m °C),
- coefficienti di adduzione interno ed esterno rispettivamente: 8 e 23 W/(m^2°C).

trovare la temperatura all'interfaccia tra lo strato 2 e lo strato 3 sapendo che la temperatura interna è di 20 °C ed il flusso termico che attraversa la parete è di 26 W/m2.

Il flusso termico specifico (per m^2 di superficie disperdente) è dato dalla:

$$q = \frac{(t_i - t_e)}{\sum_{i=1}^{3} \frac{s_i}{l_i}} = \frac{(t_i - t_e)}{R_{totale}}$$

o: q = K ? t

dove:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{i=1}^{N} \frac{s_i}{l_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{1}{C_j} + \frac{1}{h_{est}}}$$

in cui: h_{int}, h_{est} = coefficienti di scambio termico per convezione e radiazione lato interno e lato esterno [W/(m^2 K)];

s_i = spessore dello strato i-esimo della parete [m];

$?_i$ = conducibilità termica dello starato i-esimo [W/(m K)];

Cj = conduttanza termica dello strato j-esimo [W/(m^2 K)].

Per determinare la temperatura all'interfaccia x tra lo strato 2 e lo strato 3 ($T_{2\text{-}3}$) si procede nel seguente modo. Imponendo la costanza del flusso che attraversa la parete (regime stazionario) il flusso trasmesso dall'aria interna a quella esterna sarà uguale a quello che dall'aria interna arriva allo strato in questione.

Scrivo le equazioni dei flussi:

$$q = (1/R_{ix})\ ?\ t_{ix} \rightarrow R_{fino2\text{-}3}\, Q = t_i - t_x$$

$$q = (1/R_{ie})\ ?\ t_{ie} \rightarrow R_{tot}\, Q = t_i - t_e$$

Dalla seconda, conoscendo q e la temperatura esterna, calcolo la differenza di temperatura (che mi servirà poi per trovare la temperatura dello strato cercata) (o solo la temperatura esterna, che non mi serve).

$$26 = \frac{20°C - te}{\frac{1}{8} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{0.2}{0.5} + 0.2 + \frac{0.08}{0.3} + \frac{0.02}{0.35} + \frac{1}{23}} [W / m^2]$$

$$26 = \frac{20°C - te}{0.125 + 0.057 + 0.4 + 0.2 + 0.26 + 0.057 + 0.04} [W / m^2]$$

R_{tot}=1.139

$$te = 20 - (26 \cdot 1.139) = -9.6[°C]$$

R_{ix} = 0.125 + 0.057+ 0.4 = 0.58

Quindi divido la prima per la seconda ed ottengo:

$$\frac{(t_i - t_{2-3})}{(t_i - t_e)} = \frac{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{i=1}^{2} \frac{s_i}{l_i}}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{i=1}^{N} \frac{s_i}{l_i} + \frac{1}{C_{\text{int}\,erc.}} + \frac{1}{h_{est}}} = \frac{R_{\text{fino2-3}}}{R_{totale}} = \frac{0.48}{1.139} = 0.42$$

$$(t_i - t_{2-3}) = (t_i - t_e) \cdot \frac{R_{i-2}}{R_{totale}}$$

$$t_{2-3} = t_i - [(t_i - t_e) \cdot \frac{R_{fino\,2-3}}{R_{totale}}] = 20 - 26 \cdot 0.48 = 7.52$$

ottengo così la temperatura cercata.

Trasm. del calore secondo una delle tre modalità. Temperature di equilibrio.

2) - Una superficie grigia di 2 m^2 con coefficiente di assorbimento pari a 0.9 (e=0.9) viene irradiata dal Sole con una potenza (complessiva sui 2 m^2) di 1 kW. La resistenza termica interna della piastra è nulla. Sull'altro lato la piastra scambia radiativamente con altre due superfici:

Sup. 1: A_1= 10 m^2, $F_{p\to1}$=0.7, e_1=0.7, T_1= 300 K
Sup. 2: A_2= 5 m^2, $F_{p\to2}$=0.3, e_2=1, T_2= 600 K

Trovare la temperatura di equilibrio della piastra.
Si ricorda che s = $.67\cdot10^{-8}$

Il bilancio è pertanto è del seguente tipo:

$$q_{sole\to piastra}\cdot e_p = q_{p\to1} + q_{p\to1}$$

Si tratta di applicare la formula:

$$q_{1\to2} = A_1\ F_{1\to2}\ (B_1 - B_2) = \frac{s\cdot(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1-e_1}{e_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{1\to2}} + \frac{1-e_2}{e_2 A_2}}$$

in cui:

- T_1, T_2 = temperature assolute delle superfici [K];
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ = emissività globali delle superfici;
- $F_{1\to2}$ = fattore di vista tra le due superfici;
- A_1, A_2 = superfici [m^2];
- B_1, B_2 = radiosità delle superfici[W/m^2].

$$q_{1sole\to p}\cdot e_p = \frac{A_p\cdot s\cdot(T_p^4 - T_1^4)}{\frac{1-e_p}{e_p} + \frac{1}{F_{p\to1}} + \frac{(1-e_1)\cdot A_p}{e_1 A_1}} + \frac{A_p\cdot s\cdot(T_p^4 - T_2^4)}{\frac{1-e_p}{e_p} + \frac{1}{F_{p\to2}} + \frac{(1-1)\cdot A_p}{1 A_2}}$$

$$1000\cdot0.2 = \frac{2\cdot s\cdot(T_p^4 - 300^4)}{\frac{1-0.9}{0.9} + \frac{1}{0.7} + \frac{(1-0.7)\cdot2}{0.7\cdot10}} + \frac{2\cdot s\cdot(T_p^4 - 600^4)}{\frac{1-0.9}{0.9} + \frac{1}{0.3}}$$

$$T_p^4\cdot0.000000035 = 200 + 160 + 1970 = 2330 \rightarrow T_p = 508K$$

se entrambe le superfici sono nere la formula si riduce a:

$$q_{1\to2} = A_1\cdot F_{1\to2}\cdot s\cdot(T_1^4 - T_2^4)$$

2) - All’interno di un calorifero scorre una portata di 0.26 kg/s di fluido il cui calore specifico è pari a 1000 kJ/(kg K), la temperatura di ingresso è di 110 °C quella di uscita è di 100 °C.
Il calorifero, la cui superficie esterna è di 2 m^2 scambia calore nel seguente modo:

- convettivamente con l’aria di un locale la cui temperatura è di 20 °C (con coefficiente di scambio h_c = 8 W/(m2 °C))
- radiativamente con le pareti dello stesso locale, assimilabili a superfici grigie con emissività ε = 0.94, con esse, la cui area complessiva è di 150 m^2, il FV complessivo è =1.

Si assuma come temperatura della superficie esterna del calorifero la media delle temperature del fluido all’ingresso ed all’uscita (considerando trascurabili la resistenza termica conduttiva della parete del calorifero e quella convettiva sul suo lato interno), ed una emissività della stessa superficie pari a 0.8.
Si calcoli la temperatura media delle pareti.

Si ricorda che: $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ [W/ ($m^2 \cdot K^4$)]

La variazione entalpica della portata di fluido interno deve eguagliare il calore scambiato dal calorifero.
Dal punto di vista del sistema aperto (calorifero) la prima è positiva in quanto ricevuta dal fluido se questo esce ad una temperatura inferiore a quella di ingresso, le altre voci sono negative a meno che aria e pareti non siano più calde del calorifero.

$$\dot{m} \cdot c \cdot (T_i - T_u) = A_r \cdot h_c \cdot (t_r - t_a) + \frac{A_r \cdot s \cdot (T_r^4 - T_p^4)}{\frac{1-e_r}{e_r} + \frac{1}{F_{r \to p}} + \frac{(1-e_p) \cdot A_r}{e_p A_p}}$$

$$0{,}26 \cdot 1000 \cdot (110-100) = 2 \cdot 8 \cdot (105 - 20) + \frac{2 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot ((273{,}15+105)^4 - T_p^4)}{\frac{1-0{,}8}{0{,}8} + \frac{1}{1} + \frac{(1-0{,}94) \cdot 2}{0{,}94 \cdot 150}}$$

2588 = 1360 + (9,065e-8·(378,15^4 -T_p^4) = 1360 + 9,065e-8 · (20 448 262 841,64 - T_p^4)

T_p^4 = (-2588 +1360+1853,8) / 9,065e-8

T_p = 288,24 K = 15 °C