

Cognome e Nome:

Matricola:

x y

**Esercizio 1** (valore 9 punti, tolleranza 2%)

Una stanza scambia calore con l'ambiente esterno attraverso una parete di lato  $5+x/10$  m e altezza di 3 m. L'ambiente si trova alla temperatura di  $20^\circ\text{C}$ , mentre all'esterno la temperatura è di  $0^\circ\text{C}$ . La parete è costituita da blocchi di laterizio da 30 cm ( $R = 1.2+y/20$   $\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$ ) rivestiti internamente ed esternamente da intonaco dello spessore di 2 cm ( $\lambda=0.9$   $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ ). I coefficienti di scambio termico superficiale sono pari a  $h_e = 20$   $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  e  $h_i=7$   $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ . Determinare:

- la temperatura sulla superficie interna della parete: \_\_\_\_\_  $^\circ\text{C}$  [3 punti]
- la trasmittanza unitaria della parete: \_\_\_\_\_  $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  [3 punti]
- la potenza termica complessivamente scambiata attraverso l'involucro: \_\_\_\_\_ W [3 punti]

**Esercizio 2** (Valore 9 punti, tolleranza 2%)

Sulla parete dell'esercizio precedente viene montato un radiatore delle dimensioni di  $1\text{m} \times 1+x/10$  m (ma schematizzabile come una lastra piana indefinita) la cui temperatura superficiale è pari a  $70+y$   $^\circ\text{C}$ . L'emissività del radiatore è pari a 0.85, mentre quella della parete è pari a  $0.7+x/100$ , tralasciando gli scambi termici per convezione fra parete e radiatore, determinare:

- la nuova temperatura di equilibrio sulla superficie interna della parete: \_\_\_\_\_ [3 punti]
- la potenza termica per unità di superficie scambiata dalla parete in corrispondenza del radiatore: \_\_\_\_\_  $\text{W}/\text{m}^2$  [3 punti]
- la nuova potenza termica complessivamente scambiata attraverso la parete (ipotizzando che l'area attraverso cui fluisce la potenza termica calcolata al punto precedente sia pari a quella del radiatore): \_\_\_\_\_ W [3 punti]

**Esercizio 3** (Valore 6 punti, tolleranza 2%)

Una pompa di calore alimenta un pavimento radiante nel quale circola una portata massica di  $10+x$  kg/h di acqua che entra nel circuito con una temperatura di  $40^\circ$  ed esce con una temperatura di  $25+y$   $^\circ\text{C}$ . Sapendo che il COP della pompa è pari a  $2+y/10$  determinare:

- la potenza termica fornita dalla pompa di calore: \_\_\_\_\_ W [3 punti]
- la potenza elettrica assorbita (assumendo rendimento elettrico del 95%): \_\_\_\_\_ W [3 punti]

**Domanda teorica** (Valore max 6 punti)

Con riferimento all'esercizio 2 illustrare quali soluzioni potrebbero essere intraprese per limitare lo scambio termico verso l'esterno:

**esercizio 1**

$$L = 5 + x / 10$$

$$h_h = 3$$

$$t_i = 20$$

$$t_e = 0$$

$$\lambda_1 = 0.9 \text{ 'W/m}^\circ\text{C}$$

$$s_1 = 0.02 \text{ 'm}$$

$$R_2 = 1.2 + y / 20 \text{ 'm}^2\text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$s_2 = 0.3 \text{ 'm}$$

$$\lambda_3 = 0.9 \text{ 'W/m}^\circ\text{C}$$

$$s_3 = 0.02 \text{ 'm}$$

$$h_e = 20 \text{ 'W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_i = 7 \text{ 'W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

Calcolo dapprima le resistenze individuali...

$$R_{si} = 1 / h_i$$

$$R_{se} = 1 / h_e$$

$$R_1 = s_1 / \lambda_1$$

$$R_3 = s_3 / \lambda_3$$

$$R_{tot} = R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 + R_3$$

E la temperature superficiale interna:

$$T_{sup} = t_i - R_{si} / R_{tot} * (t_i - t_e)$$

$$\text{Risposta 1} = T_{sup} [^{\circ}\text{C}]$$

$$U = 1 / R_{tot}$$

$$\text{Risposta 2} = U [\text{W}/\text{m}^2\text{C}]$$

$$Q_{tot} = U * (L * hh) * (t_i - t_e)$$

$$\text{Risposta 3} = Q_{tot} [\text{W}]$$

## ' Esercizio 2

$$t_p = 70 + y + 273 \text{ 'K}$$

$$A_p = 1 * (1 + x / 10) \text{ 'm}^2$$

$$e_1 = 0.85$$

$$e_2 = 0.7 + x / 100$$

$$\sigma = 5.67 * 10^{-8}$$

$$t_{ex} = 273 \text{ 'K}$$

' Imponiamo che la potenza termica scambiata fra piastra e parete  
' e attraverso la parete coincidano in condizioni stazionarie  
' sia  $T_x$  la temp di equilibrio sulla faccia interna  
'  $Q_{irr} = \sigma (T_p^4 - T_x^4) / (1/e_1 + 1/e_2 - 1)$   
'  $Q_{cond} = (T_x - t_{ex}) / (R_1 + R_2 + R_3 + R_{se})$   
NB: l'esercizio chiede di trascurare gli scambi convettivi, perciò escludo  $R_{si}$

' L'equazione risolutiva è pertanto:

$$\sigma (T_p^4 - T_x^4) / (1/e_1 + 1/e_2 - 1) = (T_x - t_{ex}) / (R_1 + R_2 + R_3 + R_{se})$$

Poiché non può essere esplicitata la risolvo numericamente individuando un primo valore di tentativo:

$$T_{x1} = (T_p - t_{ex}) / 2 \quad \text{'primo valore di tentativo medio}$$

E sostituendolo nella equazione fino a che non ottengo lo stesso risultato:

$$T_{x2} = t_{ex} + (R_1 + R_2 + R_3 + R_{se}) * \sigma / (1 / e_1 + 1 / e_2 - 1) * (t_p^4 - T_{x1}^4)$$

$$\text{Risultato 1} = T_{x2} - 273 [^{\circ}\text{C}]$$

Avendo imposto la condizioni precedente la potenza termica unitaria posso calcolarla sulla base della formula per irraggiamento o per conduzione (ma riferita alla parete), perciò:

$$Q_{irr} = \sigma * (t_p^4 - T_{x2}^4) / (1 / e_1 + 1 / e_2 - 1)$$

$$\text{Risultato 2} = Q_{irr} [\text{W}/\text{m}^2]$$

La potenza termica finale la trovo sommando quella trasmessa attraverso la parte di parete rimasta immutata (avente area  $L*hh - A_p$ ), e quella trasmessa attraverso la porzione col radiatore:

$$Q_{tot} = U * (L * hh - A_p) * (t_i - t_e) + Q_{irr} * A_p$$

$$\text{Risposta 3} = Q_{tot} [\text{W}]$$

## 'Esercizio 3

$$m = 10 + x \text{ 'kg/h}$$

$$m = m / 3600 \text{ 'kg/s}$$

$$dt = (40 - 25 - y) \text{ '}^{\circ}\text{C}$$

$$cop = 2 + y / 10$$

Calcolo la Potenza termica che il fluido cede nel percorso lungo il circuito e che, pertanto, la pompa di calore deve ripristinare:

$$Q_s = dt * m * 4.186 \text{ 'kW}$$

$$\text{Risposta 1} = Q_s * 1000 [\text{W}]$$

$$\eta_{tael} = 0.95$$

$$L = Q_s / cop \text{ 'kW}$$

$$Q_{el} = L / \eta_{tael} \text{ 'kW}$$

$$\text{Risposta 2} = Q_{el} * 1000 [\text{W}]$$