

Cognome e Nome:

Matricola:

x y

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

Una finestra ad un'anta ha larghezza di  $0.5+x/10$  m e altezza di  $0.5+y/10$  m, ed è costituita da una vetrocamera avente una resistenza termica pari a  $0.4+x/100$  m<sup>2</sup> °C/W montata su un telaio metallico largo 8 cm e avente una resistenza termica di  $0.2+y/100$  m<sup>2</sup> °C/W. Sapendo che la temperatura esterna è pari a  $-x$  °C e quella interna è pari a 20 °C e che i coefficienti di scambio termico superficiale interno ed esterno sono rispettivamente  $h_i = 7$  W/m<sup>2</sup> °C e  $h_e = 20$  W/m<sup>2</sup> °C, determinare:

- la trasmittanza della parte vetrata: \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup> °C [3 punti]
- la trasmittanza relativa al telaio: \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup> °C [3 punti]
- la potenza termica dispersa attraverso la finestra: \_\_\_\_\_ W [3 punti]

$$A = 0.5 + x / 10 \text{ 'm}$$

$$B = 0.5 + y / 10 \text{ 'm}$$

$$R_v = 0.4 + x / 100 \text{ 'm}^2\text{°C/W}$$

$$s = 0.08 \text{ 'm}$$

$$R_t = 0.2 + y / 100 \text{ 'm}^2\text{°C/W}$$

$$h_i = 7 \text{ 'W/m}^2\text{°C}$$

$$h_e = 20 \text{ 'W/m}^2\text{°C}$$

$$t_i = 20 \text{ '°C}$$

$$t_e = -x \text{ '°C}$$

$$R_i = 1 / h_i$$

$$R_e = 1 / h_e$$

$$R_{tv} = R_i + R_v + R_e$$

$$U_v = 1 / R_{tv}$$

$$\text{Risposta 1} = U_v \text{ 'W/m}^2\text{°C}$$

$$R_{tt} = R_i + R_t + R_e$$

$$U_t = 1 / R_{tt}$$

$$\text{Risposta 2} = U_t \text{ 'W/m}^2\text{°C}$$

$$\text{Area} = A * B$$

$$A_v = (A - 2 * s) * (B - 2 * s) \text{ 'area sola parte vetrata}$$

$$A_t = \text{Area} - A_v \text{ 'area solo telaio}$$

$$U_{tot} = (U_v * A_v + U_t * A_t) / \text{Area} \text{ 'W/m}^2\text{°C trasmittanza totale}$$

$$Q = U_{tot} * \text{Area} * (t_i - t_e)$$

$$\text{Risposta 3} = Q \text{ 'W}$$

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

Con riferimento alla finestra dell'esercizio precedente si vuole stimare il vantaggio energetico conseguibile dall'aggiunta dell'intercapedine d'aria che si viene a creare fra l'infisso e l'avvolgibile assumendo che questo abbia (idealmente) una perfetta tenuta all'aria ma resistenza termica trascurabile. Calcolando le proprietà del fluido alla temperatura intermedia fra quella dell'ambiente interno e quella dell'ambiente esterno, determinare:

- lo spessore della camera d'aria che garantirebbe all'aria di rimanere perfettamente immobile: \_\_\_\_\_ cm [3 punti]
- il coefficiente di scambio termico convettivo nel caso in cui l'intercapedine abbia spessore di 10 cm: \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup> °C [3 punti]
- la potenza termica dispersa attraverso la finestra comprensiva di intercapedine: \_\_\_\_\_ W [3 punti]

$$t_m = (t_i + t_e) / 2$$

$$l_a = \text{conducibilità}(t_m + 273)$$

$$Pr = \text{prandtl}(t_m + 273)$$

$$\mu = \text{visc\_cinem}(t_m + 273)$$

$$\beta = 1 / (t_m + 273)$$

$$Ra = 9.81 * \beta * (t_i - t_e) * \text{delta}^3 * Pr / (\mu^2)$$

$$Ra_{crit} = 2000$$

$$\Delta = ((\text{Racrit} * \mu^2) / (9.81 * \beta * (t_i - t_e) * Pr))^{(1/3)}$$

**Risposta 1 =  $\Delta * 100$  'cm**

$$s_p = 0.1 \text{ 'm spessore intercapedine}$$

$$R_a = 9.81 * \beta * (t_i - t_e) * s_p^3 * Pr / (\mu^2)$$

$$\text{Se } R_a < 2000000 \rightarrow Nu = 0.197 * R_a^{0.25} * (B / s_p)^{(-1/9)}$$

$$\text{Altrimenti } \rightarrow Nu = 0.073 * R_a^{(1/3)} * (B / s_p)^{(-1/9)}$$

$$h_c = Nu * \lambda / s_p$$

**Risposta 2 =  $h_c$  'W/m<sup>2</sup>°C**

$$R_{\text{iniziale}} = 1 / U_{\text{tot}}$$

% Calcolo la resistenza finale andando a sommare la resistenza (1/hc) della sola intercapedine a quella originaria della finestra

$$R_{\text{finale}} = R_{\text{iniziale}} + 1/h_c$$

$$Q_{\text{finale}} = \text{Area} * (t_i - t_e) / R_{\text{finale}}$$

**Risposta 3 =  $Q_{\text{finale}}$  'W**

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

Una pompa di calore deve portare il fluido termovettore di un impianto di riscaldamento ad aria alla temperatura di 35+x°C. Sapendo che all'esterno la temperatura è di -y°C, che la potenza termica che l'impianto somministra mediamente all'ambiente è pari a 10+(x\*y) kW e assumendo che il COP del dispositivo sia pari a quello ideale del ciclo inverso di Carnot, determinare:

- la potenza termica mediamente prelevata dall'ambiente esterno: \_\_\_\_\_ kW [3 punti]

- la potenza elettrica assorbita considerando un rendimento elettrico del 90%: \_\_\_\_\_ kW [3 punti]

$$T_{\text{sup}} = 273 + 35 + x$$

$$T_{\text{inf}} = 273 - y$$

$$Q_{\text{sup}} = 10 + (x * y)$$

$$\eta_{\text{ael}} = 0.9$$

$$\text{COP} = 1 / (1 - T_{\text{inf}} / T_{\text{sup}})$$

$$Q_{\text{inf}} = Q_{\text{sup}} * (1 - 1 / \text{COP})$$

**Risposta 1 =  $Q_{\text{inf}}$**

$$L_{\text{el}} = Q_{\text{sup}} / \text{COP} / \eta_{\text{ael}} \text{ 'kW}$$

**Risposta 2 =  $L_{\text{el}}$  'kW**

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

Illustrare il concetto di umidità relativa e le modalità per misurarla: