

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  $4+x/10$  m e altezza di 3 m. L'ambiente si trova alla temperatura di  $18+y^{\circ}\text{C}$ , mentre all'esterno la temperatura è mediamente di  $-x^{\circ}\text{C}$ . La parete è costituita da blocchi ad H di laterizio alveolato ( $R = 1+y/20 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ) rivestiti sulle due facce da intonaco isolante ( $\lambda=0.07 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ) dello spessore di 2 cm. Nella parete è presente un'apertura vetrata di 2.2 m per  $1+x/10$  m, avente una trasmittanza di  $2+y/10 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Assumendo i coefficienti di scambio termico superficiale pari a  $h_e = 20 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $h_i = 7 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , determinare:

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

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

Un forno industriale deve dissipare una potenza termica di  $5+x$  kW attraverso una superficie di scambio assimilabile ad una piastra piana orizzontale di dimensioni di  $3 \times 3 \text{ m}^2$ , sapendo che l'aria circostante si trova ad una temperatura di  $2y^{\circ}\text{C}$ , determinare:

- il coefficiente di scambio termico necessario per mantenere la temperatura superficiale della piastra pari a  $60+x^{\circ}\text{C}$ : \_\_\_\_\_

$\text{W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  [3 punti]

- la velocità alla quale un ventilatore deve muovere l'aria per mantenere l'isotermia della piastra: \_\_\_\_\_ m/s [3 punti]

**Esercizio 3** (Valore 9 punti, tolleranza 2%)

Un frigorifero domestico assorbe una potenza elettrica di  $50+5y$  W ed ha un COP di  $2+x/10$ . Assumendo un rendimento elettrico del 95% calcolare la potenza frigorifera istantanea: \_\_\_\_\_ W [3 punti]

Sapendo che il frigorifero funziona per  $5+y$  minuti ogni ora, determinare l'energia termica complessivamente rigettata in ambiente nell'arco di una giornata: \_\_\_\_\_ MJ [3 punti]

Immaginando che la stanza in cui si trova il frigorifero abbia un volume di  $40+x+y \text{ m}^3$  e che non scambi calore con l'esterno, determinare di quanti gradi aumenterebbe la temperatura al suo interno dopo 24 ore (assumere  $c_p=1.005 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ ): \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$  [3 punti]

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

Illustrare i concetti alla base dello scambio termico per irraggiamento:

' esercizio 1

$$L = 4 + x / 10 \text{ [m]}$$

$$h_h = 3 \text{ [m]}$$

$$L_f = 1 + x / 10 \text{ [m]}$$

$$h_f = 2.2 \text{ [m]}$$

$$A_o = L * h_h - L_f * h_f \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_f = L_f * h_f \text{ [m}^2\text{]}$$

$$t_i = 18 + y \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

$$t_e = -x \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

$$R_o = 1 + y / 20 \text{ [m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/W]}$$

$$\lambda_m = 0.07 \text{ [W/m}^{\circ}\text{C]}$$

$$s_p = 0.02 \text{ [m]}$$

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

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

$$U_{fin} = 2 + y / 10 \text{ [W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C]}$$

'calcolo la trasmittanza della parete opaca

```
Rsi = 1 / hi
Rse = 1 / he
```

```
Rtot_op = Rsi + Rse + 2 * sp / lam + Ro
Utop = 1 / Rtot_op
Risultato 1 = Utop [W/m2°C]
```

```
` calcolo la trasmittanza globale della finestra (compresi strati limite)
Rtot_fin = Rsi + Rse + 1 / Ufin
Utfin = 1 / Rtot_fin
` il delta T è dato da
dt = Rsi / Rtot_fin * (ti - te) '°C
` pertanto
Risultato 2 = ti - dt [°C]
```

```
` a questo punto la potenza termica complessiva è data da:
Qtot = (Ao * Utop + Af * Utfin) * (ti - te)
Risultato 3 = Qtot [W]
```

## **' Esercizio 2**

```
Q = (5 + x) * 1000 [W]
A = 3 * 3 [m2]
ta = 2 * y [°C]
tsup = 60 + x [°C]
```

```
`Tendendo conto della formula di Newton so che:
` Q = h*A*DT
` pertanto:
```

```
h = Q / (A * (tsup - ta))
```

```
Risultato 1 = h ' W/m2°C
```

```
` a questo punto noto h ricavo i parametri mancanti...
` dimensione caratteristica
L = 3
` temperatura media
tm = 273 + (tsup + ta) / 2 [K]
` dalle tabelle ricavo quindi
lam = conducibilità(tm)
mu = visc_cinem(tm)
pra = prandtl(tm)
```

```
` dalla definizione di numero di Nusselt ottengo:
Nu = h * L / lam
```

```
` non sapendo se ricadiamo nel moto laminare o turbolento usiamo la formula del moto composto
` pertanto...
```

```
'Nu = (0.037*Re^(4/5)-871)*Pr^(1/3) moto composto
```

```
Re = ((Nu / (pra ^ (1 / 3)) + 871) / 0.037) ^ (5 / 4)
```

```
w = Re * mu / L [m/s]
Risultato 2 = w ' m/s
```

## **'Esercizio 3**

```
Le = 50 + 5 * y [W]
COP = 2 + x / 10
etael = 0.95
Qf = COP * Le * etael [W]
Risultato 1 = Qf
```

```
t = 5 + y 'minuti per ora
` la potenza rigettata in ambiente è dato da:
Qr = (COP + 1) * Le * etael [W]
Pertanto l'energia complessiva sarà data dal prodotto di Qr per il tempo di funzionamento
```

```
Er = (Qr * t * 24 * 60) / 1000000 'MJ energia rigettata nell'arco delle 24 h
Risultato 2 = Er [MJ]
```

```
Per calcolare l'incremento di temperature devo ricordare che
Energia termica = massa*calore specifico * variazione di temperatura, pertanto:
V = 40 + x + y [m3]
```

```
massa = V * 1.2 [kg/m3]
cp=1.005 [kJ/kg]
' Er = massa*cp*DT
DT = Er * 1000 / (cp * massa)
` la moltiplicazione per 1000 serve a riportare i MJ in kJ
Risposta 3 = DT [°C]
```