

# **Fisica Tecnica Ambientale**

## **Simulazione esercizi**

### **Tema**

**Trasmissione del Calore**  
**Meccanismi combinati ed**  
**Irraggiamento**

## Esercizio 2 Meccanismi combinati

SI

La trasmittanza unitaria (K) di una parete piana che separa due ambienti rispettivamente a 23.42 °C e -4.86 °C, con un flusso termico di 31.00 W/m<sup>2</sup> è:

**Nota bene. Nella prova intercorso, la trasmittanza è chiamata K invece di U**

$$K = U = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{k=1}^n \frac{s_k}{\lambda_k} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{C_j} + \frac{1}{h_{\text{est}}}}$$

$$\dot{q} = U \cdot (T_i - T_e) = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{\text{est}})} \quad \frac{\dot{q}}{(T_i - T_e)} = U$$

$$U = \frac{31}{23,42 - (-4,86)} \quad U = \frac{31}{28,28} = 1,096 \frac{W}{m^2 K}$$

A) 0.91 W/m<sup>2</sup>K ; B) 1.10 W/m<sup>2</sup>K ; C) 876.68 W/m<sup>2</sup> ; D) 9.72 W/m<sup>2</sup> ; E) 59.28 W/m<sup>2</sup>K

## Esercizio 3 Irraggiamento

SI

La radiosità di una superficie grigia opaca con  $T = 88^\circ\text{C}$  e con  $a = 0.17$ , sulla quale incidono per irraggiamento  $2687,86 \text{ W/m}^2$  è:

La radiosità è la somma di tutto quello che abbandona, per riflessione ed emissione, la superficie irraggiata.

**RADIOSITÀ = ENERGIA RIFLESSA + POTERE EMISSIVO**

$$\begin{array}{ccc}
 \downarrow & & \downarrow \\
 E_{\text{rifl}} = E \cdot r & & M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4
 \end{array}$$

Calcolo dell'energia riflessa.

La traccia mi dice che la superficie è opaca.

Quindi,  $a + r = 1$ .

Poiché  $a = 0,17$ , allora  $r = 1 - 0,17 = 0,83$



$$E \cdot r = 2687,86 \cdot 0,83 = 2231 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

### Calcolo del potere emissivo

La traccia mi dice che la superficie è grigia. Pertanto,  $\varepsilon = a = 0,17$ .

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \qquad M = 0,17 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (88 + 273,15)^4 \qquad M = 164 \frac{W}{m^2}$$

Radiosità = energia riflessa + potere emissivo

$$\text{Radiosità} = E \cdot r + M$$

$$\text{Radiosità} = 2231 + 164 = 2395 \text{ W/m}^2.$$

- A) 5.78E+3 W/m<sup>2</sup> ; B) 2.39E+3 W/m<sup>2</sup> ; C) 1.64E+10 W/m<sup>2</sup> ; D) 4.58E+2 W/m<sup>2</sup>μm ; E) 2.23E+3 W/m<sup>2</sup>

Esercizio 6 Irraggiamento

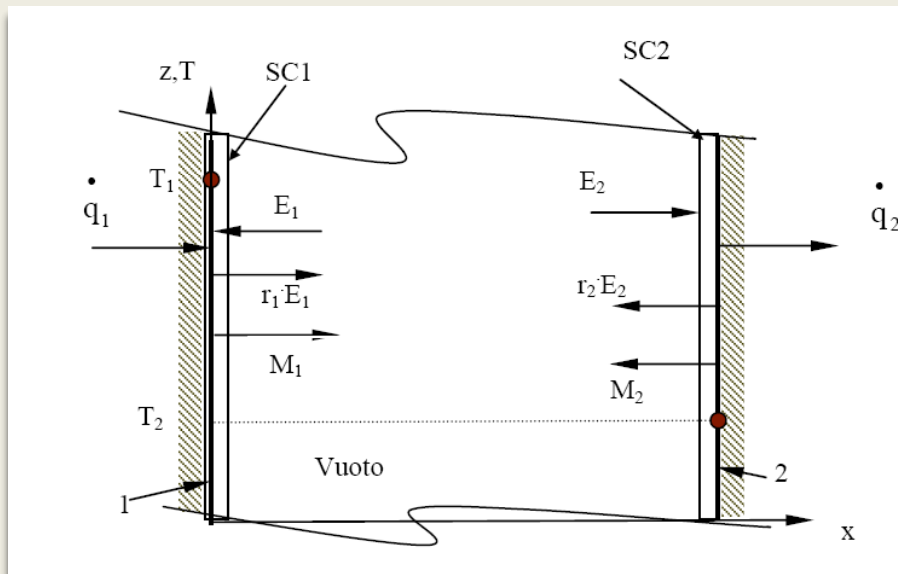
SI

Il flusso termico netto scambiato per irraggiamento tra due superfici piane parallele e grigie con  $a_1 = 0.47$ ,  $a_2 = 0.34$ ,  $T_1 = 72.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 32.7 \text{ }^\circ\text{C}$  è:

Bisogna utilizzare, appunto, la formula del flusso netto scambiato tra superfici grigie. Sappiamo che queste sono caratterizzate da  $\varepsilon = a$

Pertanto:

- $a_1 = \varepsilon_1 = 0.47$
- $a_2 = \varepsilon_2 = 0.34$



$$q_{1 \leftrightarrow 2} = \frac{\sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

$$q_{1\leftrightarrow 2} = \frac{\sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad \Rightarrow \quad q_{1\leftrightarrow 2} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [(72,5 + 273,15)^4 - (32,7 + 273,15)^4]}{\frac{1}{0,47} + \frac{1}{0,34} - 1}$$

$$q_{1\leftrightarrow 2} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [1,427 \cdot 10^{10} - 0,875 \cdot 10^{10}]}{2,217 + 2,941 - 1} \quad \Rightarrow \quad q_{1\leftrightarrow 2} = \frac{312,98}{4,150} = 75,41 \frac{W}{m^2}$$

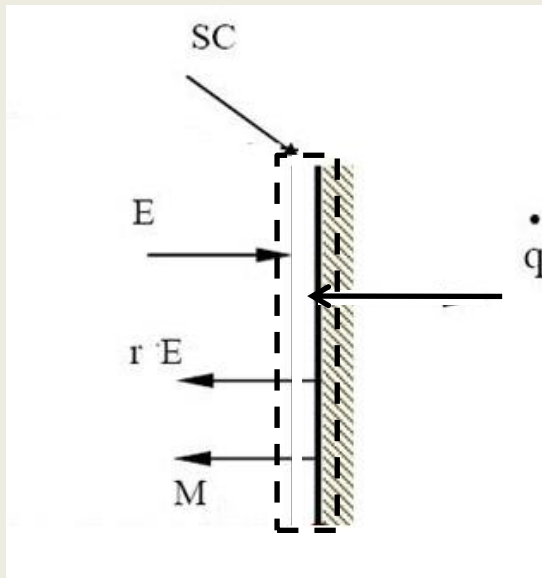
- A) 1.45E+1 W/m<sup>2</sup> ; B) 1.30E-2 W/m<sup>2</sup> ; C) 2.00E+2 W/m<sup>2</sup> ; D) 7.70E+1 W/m<sup>2</sup> ; E) 2.65E+0 W/m<sup>2</sup>

## Esercizio 4 Irraggiamento

SI

Data una superficie ( $a = 0.40$ ,  $\varepsilon = 0.87$ ) su cui incidono per irraggiamento  $228,1 \text{ W/m}^2$  ed in cui il flusso termico per conduzione è  $-471 \text{ W/m}^2$  (un eventuale segno meno indica che il flusso va dall'interno verso l'esterno), la temperatura della superficie è:

Disegno subito lo schema di riferimento



In regime stazionario, l'energia in ingresso eguaglia quella in uscita.

Pertanto:

$$E + q = M + r \cdot E$$

- ✓ "E" e "q" sono noti.
- ✓ "rE" posso determinarlo conoscendo E e r (=1-a)
- ✓ "M" posso determinarlo per differenza e, dal valore di questo, calcolare la temperatura.

$$E + q = M + r \cdot E \qquad E + q - r \cdot E = M$$

Se  $a = 0.40$ , allora  $r = 0.60$  poiché  $r = 1-a$ .

**Pertanto**

$$r \cdot E = 0,6 \cdot 228,1 = 136,86 \frac{W}{m^2}$$

$$E + q - r \cdot E = M \qquad M = 228,1 + 471,0 - 136,9 = 562,2 \frac{W}{m^2}$$

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \qquad T = \sqrt[4]{\frac{M}{\varepsilon \cdot \sigma}} \quad \Rightarrow \quad T = \sqrt[4]{\frac{562,2}{0,87 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}}$$

$$T = \sqrt[4]{1,14 \cdot 10^{10}} = 326,7 \text{ K}$$

A) 327 K ; B) 106760 K ; C) 600 K ; D) 818 °C ; E) 149 K

## Esercizio 10 Irraggiamento

SI

La lunghezza d'onda di una radiazione elettromagnetica nel vuoto con frequenza  $3,89 \cdot 10^{14}$  Hz è pari a:

La **velocità di propagazione nel vuoto** "c" delle onde elettromagnetiche è **indipendente dalla lunghezza d'onda** ed è pari a  $2,998 \cdot 10^8$  m/s (**velocità della luce nel vuoto**), e si indica con la lettera "c".

$$c = \lambda \cdot \nu \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \left[ \frac{m}{s} \cdot \frac{s}{1} = m \right]$$

$$\lambda = \frac{2,998 \cdot 10^8}{3,89 \cdot 10^{14}} \rightarrow \lambda = \frac{2,998}{3,89 \cdot 10^6} = 0,77 \cdot 10^{-6} m \rightarrow \lambda = 0,77 \mu m$$

A) 7.71E-1  $\mu m$  ; B) 3.86 E-1  $\mu m$  ; C) 7.71 E-6  $\mu m$  ; D) 1.54 E+0  $\mu m$  ; E) 2.31 E+0 nm

## Esercizio 1 Meccanismi combinati

SI

La resistenza termica unitaria ( $r$ ) di una parete piana è di  $0.09 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ . Lo spessore dello strato di materiale isolante, avente conduttività termica pari a  $0.29 \text{ W}/\text{mK}$ , da aggiungere in serie in modo da incrementare la resistenza termica del  $33.18 \%$ , è:

$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{\text{est}})} \quad r_{\text{attuale}} = \sum r$$

$$r_{\text{nuova}} = r_{\text{tot}} \cdot 1,3318$$

$$r_{\text{nuova}} = 0,09 \cdot 1,3318 = 0,1199$$

$$r_{\text{aggiunta}} = \frac{s_{\text{isolante}}}{\lambda_{\text{isolante}}} = 0,1199 - 0,09 = 0,0299 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$r_{\text{aggiunta}} \cdot \lambda_{\text{isolante}} = s_{\text{isolante}} = 0,0299 \cdot 0,29 = 0,00866 \text{ m} = 0,866 \text{ cm}$$

A)  $1.03 \text{ E-1 mm}$  ; B)  $1.03 \text{ E+1 cm}$  ; C)  $9.71 \text{ E-2 mm}$  ; D)  $8.66 \text{ E-1 cm}$  ; E)  $9.62 \text{ E+0 cm}$

## Esercizio 8 Irraggiamento

SI

La potenza emessa da una superficie grigia dalle dimensioni 137,1 cm x 183,08 cm con  $a = 0,28$  alla temperatura di 123,8 °C è pari a:

Calcolo della potenza emessa (prodotto di area per potere emissivo)

La traccia mi dice che la superficie è grigia. Pertanto,  $\varepsilon = a = 0,28$ .

$$\dot{Q} = M \cdot A = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$\dot{Q} = (1,371 \cdot 1,831) \cdot 0,28 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (123,8 + 273,15)^4$$

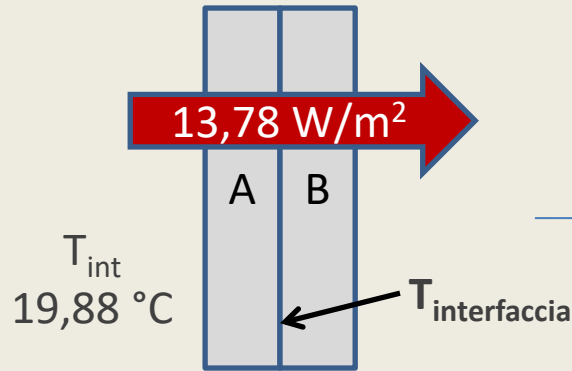
$$\dot{Q} = 989,5 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \text{W}$$

A) 9.91E+2 W ; B) 9.37E+0 W ; C) 3.96E+2 J ; D) 9.91E+6 W ; E) 3.27E+3 W

## Esercizio 10 Meccanismi combinati

SI

Una parete composta da due strati in serie separa un ambiente interno a  $T = 19.88 \text{ }^\circ\text{C}$  dall'esterno; lo strato più interno ha una resistenza unitaria  $r = 0.31 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Se il flusso termico verso l'esterno è di  $13.78 \text{ W/m}^2$ , la temperatura all'interfaccia tra i due strati è:



$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})} \Leftrightarrow \dot{q} = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$\dot{q} = \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{interfaccia}})}{(r_{\text{int}} + r_a)} \quad \dot{q} \cdot (r_{\text{int}} + r_a) = (T_{\text{int}} - T_{\text{interfaccia}})$$

$$\dot{q} \cdot (r_{\text{int}} + r_a) - T_{\text{int}} = -T_{\text{interfaccia}} \quad T_{\text{int}} - \dot{q} \cdot (r_{\text{int}} + r_a) = T_{\text{interfaccia}}$$

$$19,88 - 13,78 \cdot (0,13 + 0,31) = 19,88 - 6,05 = 13,83 \text{ }^\circ\text{C}$$

A) 13.82 °C ; B) 15.61 °C ; C) 24.15 °C ; D) 18.09 °C ; E) 25.94 °C

## Esercizio 6 Meccanismi combinati

La trasmittanza unitaria (K) di una parete piana costituita da due strati di materiale omogeneo disposti in serie, aventi rispettivamente spessori  $s_1 = 8.27 \text{ cm}$  ed  $s_2 = 46.27 \text{ cm}$  e conduttività termiche  $\lambda_1 = 0.95 \text{ W/mK}$  e  $\lambda_2 = 0.95 \text{ W/mK}$ , è:

**Nota bene. Nella prova intercorso, la trasmittanza è chiamata K invece di U**

$$K = U = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum_{k=1}^n \frac{s_k}{\lambda_k} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{C_j} + \frac{1}{h_{\text{est}}}}$$

$$U = \frac{1}{\left( \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_{\text{int}}} \right)}$$

$$U = \frac{1}{\left( \frac{1}{7,7} + \frac{0,087}{0,95} + \frac{0,4627}{0,95} + \frac{1}{25} \right)}$$

$$U = \frac{1}{(0,129 + 0,0916 + 0,4870 + 0,04)}$$

$$U = \frac{1}{0,7476} = 1,34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

A) 0.17 W/m<sup>2</sup>K ; B) 1.34 W/m<sup>2</sup>K ; C) 4.40 W/m<sup>2</sup>K ; D) 57.58 W/m<sup>2</sup>K ; E) 574.28 W/m<sup>2</sup>K

## Esercizio 7 Meccanismi combinati

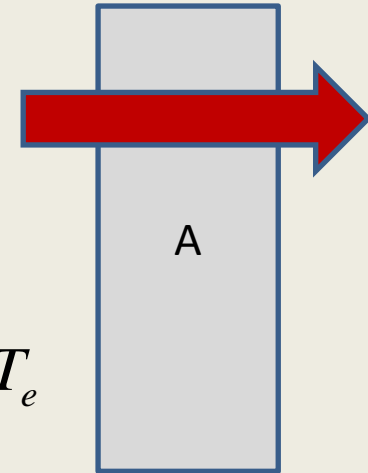
Una parete di trasmittanza unitaria  $K = 1.44 \text{ W/m}^2\text{K}$  separa un ambiente interno dall'esterno. La temperatura dell'ambiente interno è di  $19.85 \text{ }^\circ\text{C}$ , ed il flusso termico uscente è di  $13.38 \text{ W/m}^2$ . La temperatura dell'ambiente esterno è:

**Nota bene. Nella prova intercorso, la trasmittanza è chiamata K invece di U**

$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{\text{est}})} = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

$$\dot{q} = U \cdot (T_i - T_e) \Leftrightarrow \frac{\dot{q}}{U} = (T_i - T_e) \quad \frac{13,38}{1,44} = T_i - T_e$$

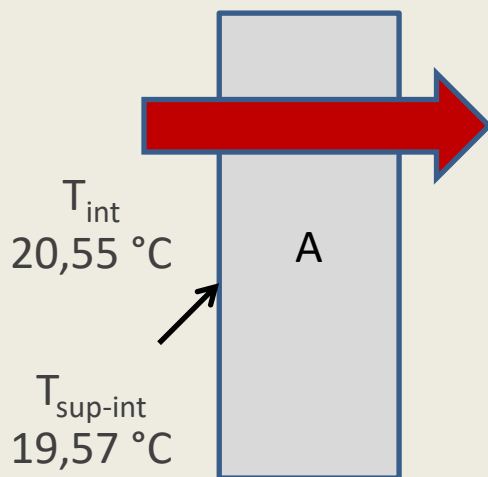
$$T_e = T_i - 9,29 = 10,57 \text{ }^\circ\text{C}$$



A) 10.56 °C ; B) 29.14 °C ; C) 0.58 °C ; D) 283.71 °C ; E) 329.62 K

## Esercizio 5 Meccanismi combinati

Il flusso termico che attraversa una parete perimetrale di un edificio, con temperatura dell'ambiente interno pari a 20.55 °C e temperatura della superficie rivolta verso l'ambiente interno pari a 19.57 °C è:



$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$q = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$q = \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{sup-int}})}{(r_{\text{int}})}$$

$$q = \frac{20,55 - 19,57}{(0,129)} = \frac{0,98}{0,129} = 7,60 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- A) 1.27 E-1 W/m<sup>2</sup> ; B) 7.55 E+0 W/m<sup>2</sup> ; C) 3.92 E-2 W/m<sup>2</sup> ; D) 2.45 E+1 W/m<sup>2</sup> ; E) 2.11 E+3 W/m<sup>2</sup>



## Esercizio 4 Meccanismi combinati

SI

Sia data una parete di trasmittanza  $K = 1.78 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La conduttività termica di uno strato di materiale dello spessore di 23 cm per ridurre il flusso del 21 % è:

**Nota bene. Nella prova intercorso, la trasmittanza è chiamata K invece di U**

$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{\text{est}})} = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

$$\dot{q} = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{\text{est}})} = U \cdot (T_i - T_e)$$


**Dalla seconda formula vedo che flusso termico e trasmittanza termica sono direttamente proporzionali.**

Ridurre il flusso del 21% significa ridurre la trasmittanza del 21%.

$$U_{\text{nuova}} = U_{\text{precedente}} \cdot (1 - 0,21) \quad U_{\text{nuova}} = 1,78 \cdot 0,79 = 1,41 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$


$$r_{attuale} = \frac{1}{U_{attuale}} = \frac{1}{1,78} = 0,56 \frac{m^2 K}{W}$$

$$r_{nuova} = \frac{1}{U_{nuova}} = \frac{1}{1,41} = 0,71 \frac{m^2 K}{W}$$




$$r_{aggiuntiva} = r_{nuova} - r_{attuale}$$

$$r_{aggiuntiva} = 0,71 - 0,56 = 0,15 \frac{m^2 K}{W}$$



$$r_{aggiuntiva} = \frac{S_{materiale\ aggiuntivo}}{\lambda_{materiale\ aggiuntivo}}$$

$$\lambda_{materiale\ aggiuntivo} = \frac{S_{materiale\ aggiuntivo}}{r_{aggiuntiva}}$$

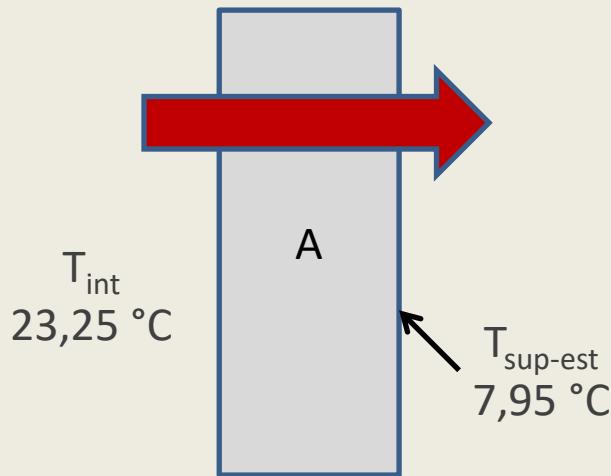


$$\lambda_{materiale\ aggiuntivo} = 1,53 \frac{W}{mK}$$

A) 1.54 W/mK ; B) 0.41 W/mK ; C) 154.01 W/mK ; D) 0.65 W/mK ; E) 0.92 W/mK

## Esercizio 8 Meccanismi combinati

Una parete costituita da uno strato con  $r = 0.49 \text{ m}^2\text{K/W}$  ha la superficie esterna alla temperatura di  $7.95 \text{ }^\circ\text{C}$ , mentre l'ambiente interno è a  $23.25 \text{ }^\circ\text{C}$ . La temperatura della superficie interna è:



$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$q = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$q = \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{sup-est}})}{(r_{\text{int}} + r_1)}$$

$$q = \frac{23,25 - 7,95}{(0,129 + 0,49)} = \frac{15,3}{0,619} = 24,71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\dot{q} = \frac{23,25 - 7,95}{(0,129 + 0,49)} = \frac{15,3}{0,619} = 24,71 \frac{W}{m^2}$$

$$\dot{q} = \frac{(T_i - T_{\text{sup-int}})}{(r_{\text{int}})} \quad T_i - T_{\text{sup-int}} = \dot{q} \cdot (r_{\text{int}})$$

$$T_i - T_{\text{sup-int}} = 24,71 \cdot (0,129)$$

$$T_{\text{sup-int}} = T_i - 3,187$$

$$T_{\text{sup-int}} = 23,25 - 3,19 = 20,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A) 20.04 °C ; B) 23.01 °C ; C) -14.24 °C ; D) 17.54 °C ; E) 26.25 °C

## Esercizio 1 Irraggiamento

SI

**Il potere emissivo monocromatico massimo di una superficie nera con  $T = 2102 \text{ }^\circ\text{C}$  è:**

**Per prima cosa, devo capire quale è la lunghezza d'onda cui corrisponde tale potere emissivo massimo.**

**Adopero la legge di Wien**

$$\lambda_{\max} \cdot T = C_3$$

“ $C_3$ ” è la **costante di Wien** pari a  **$2898 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}$**  e “ $T$ ” è la temperatura in **K**.

$$\lambda_{\max} = \frac{C_3}{T} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2898}{(2102 + 273,15)} \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K} \cdot \frac{1}{\text{K}} = 1,22 \text{ } \mu\text{m}$$

**A questo punto, mediante la legge di Plank, calcoliamo  $M_{n,\lambda_{\max}}$**

$$M_{n,\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}$$

$$M_{n,\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}$$



$$M_{n,\lambda_{\max}} = \frac{3,741 \cdot 10^8}{1,22^5 \cdot \left( e^{\frac{1,439 \cdot 10^4}{1,22 \cdot 2375,15}} - 1 \right)}$$

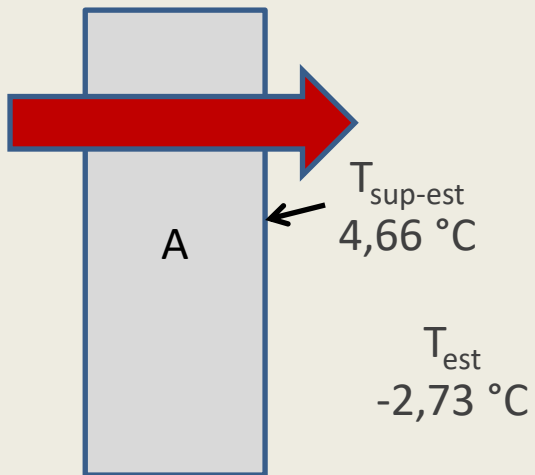
$$M_{n,\lambda_{\max}} = 971'688 \frac{W}{m^2 \mu m}$$

- A) 2.15E+6 W/m<sup>2</sup>μm ; B) 1.38E+8 W/m<sup>2</sup>μm ; C) 9.72E+5 W/m<sup>2</sup>μm ; D) 1.26E+6 W/m<sup>2</sup>μm ; E) 0.00E+0 W/m<sup>2</sup>

## Esercizio 9 Meccanismi combinati

SI

Una parete separa l'ambiente interno da quello esterno e la superficie rivolta verso l'esterno ha una temperatura di 4.66 °C. Se la temperatura esterna è di -2.73 °C, il flusso termico che attraversa la parete è:



$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

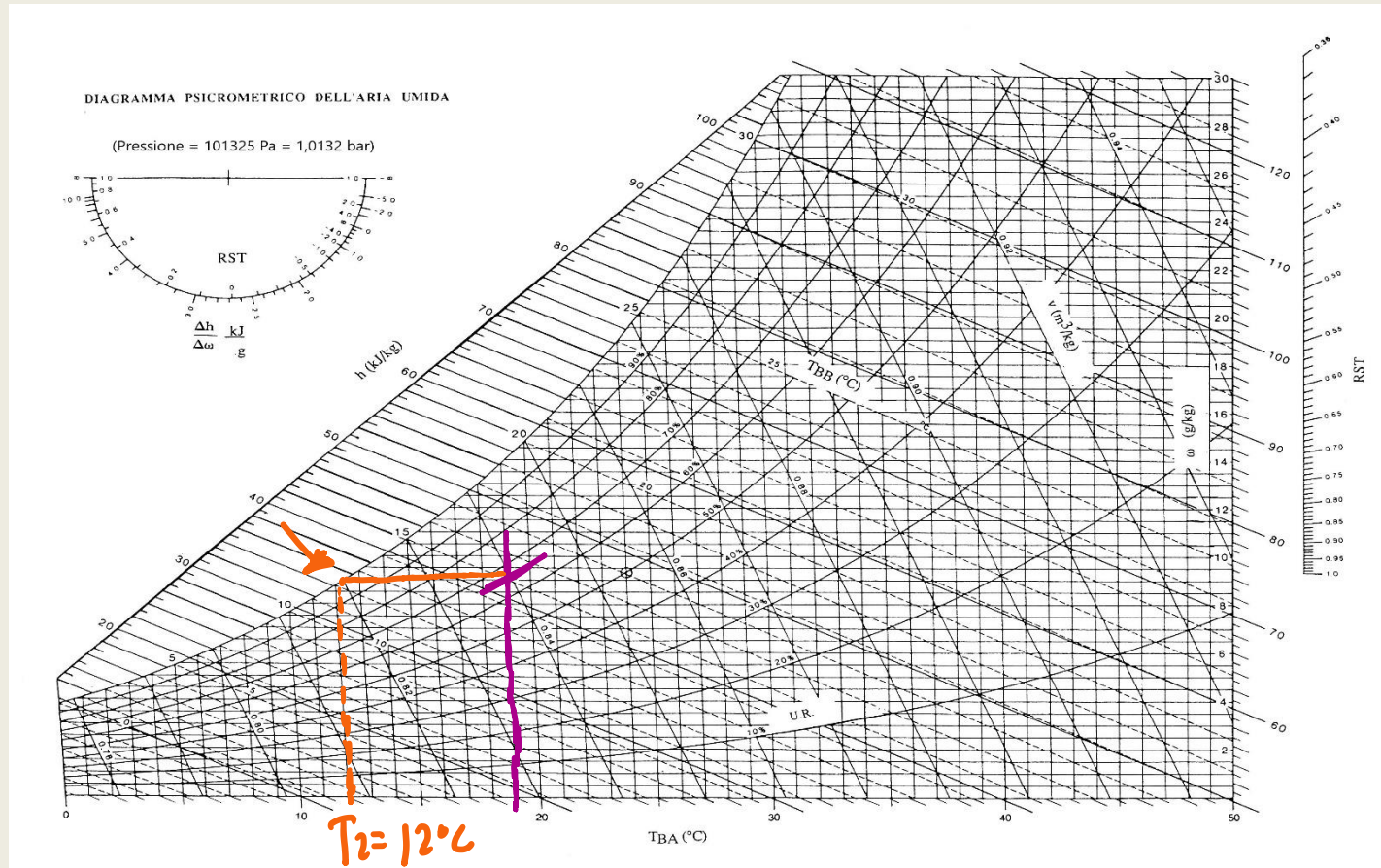
$$q = \frac{(T_i - T_e)}{(r_{\text{int}} + \sum r_n + r_{\text{est}})}$$

$$q = \frac{(T_{\text{sup-est}} - T_{\text{est}})}{(r_{\text{ext}})}$$

$$q = \frac{4,66 - (-2,73)}{(0,04)} = \frac{7,39}{0,04} = 184,75 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

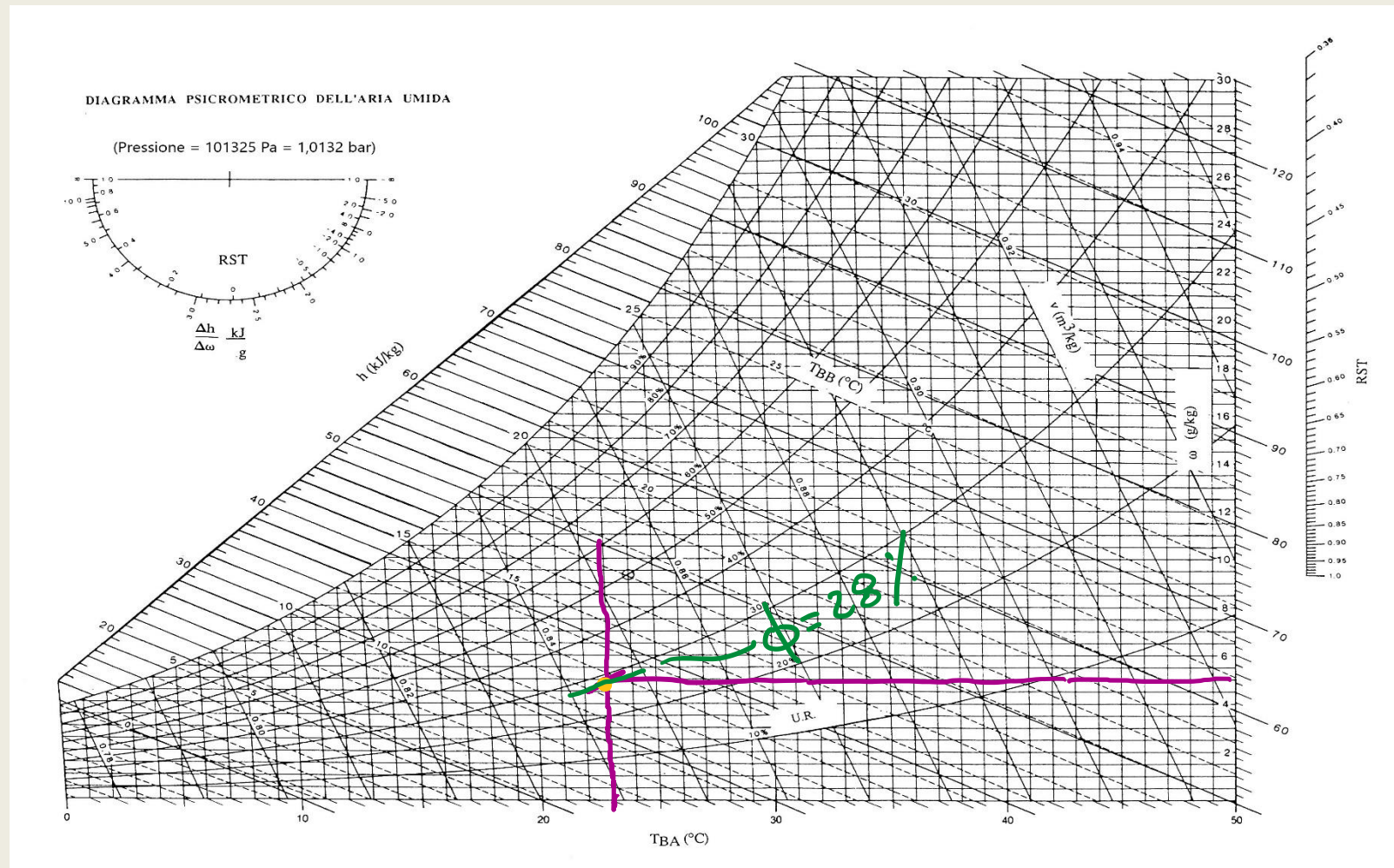
A) 1.85 E+2 W/m<sup>2</sup> ; B) 5.69 E+1 W/m<sup>2</sup> ; C) 9.60 E-1 W/m<sup>2</sup> ; D) 2.96 E-1 W/m<sup>2</sup> ; E) 4.07 E+2 W/m<sup>2</sup>

La temperatura di rugiada di un campione di aria umida alla temperatura di 19.000 °C, umidità relativa pari a 64.40% e pressione atmosferica standard è:



- A) 7443.420 °C ; B) 8.833 °C ; C) 141425.000 K ; D) 12.133 °C ; E) 22.000 °C

L'umidità relativa di aria umida alla temperatura di 23.41 °C ed umidità specifica di 0.005 kg/kg è:



- A) 35165.345 ; B) 3127.476 % ; C) 28.043 % ; D) 35.165 ; E) 0.144 %