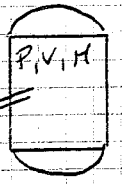
Esercizi di Fisica Tecnica

(I)

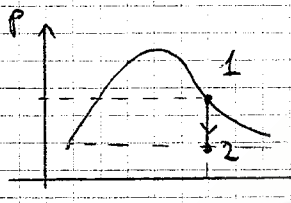


Abbiamo una bombola con dentro del vapore saturo secco di cui conosciamo P, V, M. Viene scambiato con l'esterno $Q = 100$ kJ. Quale sarà lo stato finale del sistema?
↳ cede calore → condensa

DATI

$P = 250$ kPa

$V = 1\ m^3$



Dalle tabelle di Mollier mi ricavo che:

$T_1 = 127{,}44\ °C$ $\quad v_1 = 0{,}7187\ m^3/kg = v_v$ (ovvero vapore saturo secco)

$M = \frac{1}{0{,}7187} = 1{,}39$ kg

NB Se ci avesse dato M, ma non lo stato, avrei potuto fare comunque se $v_L(P) < v < v_v(P)$

ovvero se $M_L = \frac{V}{v_L} > M \rightarrow M_L > M > M_V$

La mia trasformazione sarà una ISOVOLUMICA.

Dal I° principio: $\delta q = du + p\,dv$

$-|Q| = u_2 - u_1 \rightarrow u_2 = u_1 - \frac{|Q|}{M}$

Da Mollier so che $u_1 = 2537{,}2$ kJ/kg

$u_2 = 2537{,}2 - 71{,}942 = 2465{,}258$ kJ/kg

So anche che $v_1 = v_2 = v_L + (v_v - v_L) \cdot x_2$ $\quad (P = 200$ kPa)

$x_2 = \frac{0{,}7187 - 0{,}001061}{0{,}8857 - 0{,}001061} = 0{,}8112$

$u_2 = u_L(P=200) + (u_v(P=200) - u_L(P=200)) \cdot x_2 = 504{,}49 + (2529{,}5 - 504{,}49) \cdot 0{,}8112 = 2147{,}17$ kJ/kg

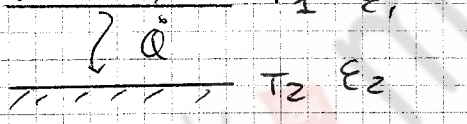
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745
Vedi e tentativi!

$$x_2(P=225) = \frac{0{,}7187 - 0{,}001064}{0{,}7933 - 0{,}00064} = 0{,}9169$$

$$u_2 = 520{,}47 + (2533{,}6 - 520{,}47)\cdot 0{,}9169 = 2366{,}31 \ kJ/kg$$

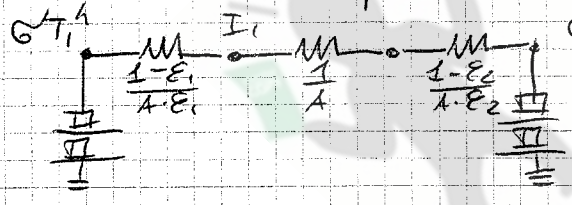
Ci viene già più vicino! La temperatura è quindi calata di poco. (Si continua così a seconda della precisione ricercata).

(II) Due piastre parallele molto calde sono mantenute a temperature costanti $T_1 = 800\,K$ e $T_2 = 500\,K$ ed hanno emissività $\varepsilon_1 = 0{,}2$ e $\varepsilon_2 = 0{,}7$ rispettivamente. Calcolare la potenza termica scambiata per irraggiamento tra le due piastre per unità di area superficiale.



(Entrambe le superfici sono grigie e diffuse)

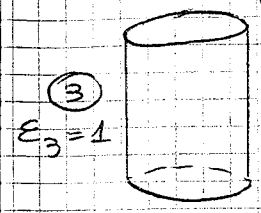
Faccio l'analogia elettrica:



$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\sigma\cdot(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{A}\left(\frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1} + 1 + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2}\right)A} =$$

$$= \frac{5{,}67\cdot 10^{-8}\cdot(800^4 - 500^4)}{\frac{1-0{,}2}{0{,}2} + 1 + \frac{1-0{,}7}{0{,}7}} = 3625 \ \frac{W}{m^2}$$

(III) Forno cilindrico: la superficie inferiore ② e quella superiore ① sono rispettivamente emissività $\varepsilon_1 = 0{,}8$ e $\varepsilon_2 = 0{,}4$ e sono mantenute a temperatura costante $T_1 = 700\ K$ e $T_2 = 500\ K$, mentre la superficie laterale si comporta come un corpo nero alla temperatura costante $T_3 = 400K$. Calcolare la potenza termica netta scambiata per irraggiamento da ciascuna superficie in condizioni stazionarie.



$A_1 = \pi \cdot r_0^2 = 3{,}14\ m^2 = A_2$

$A_3 = 2\pi r_0 \cdot H = 6{,}28\ m^2$

- F_{12} NOTO $= 0{,}38$

Utilizziamo il METODO DIRETTO considerando il forno come una CAVITÀ a 3 superfici.

- $F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1 \rightarrow F_{13} = 1 - 0{,}38 - 0{,}62$ ($F_{11} = 0$)
- $F_{12} \cdot A_1 = F_{21} \cdot A_2 = 0{,}38$ - $F_{13} A_1 = F_{31} A_2 \Rightarrow F_{31} = F_{13} \cdot \frac{A_1}{A_2} = 0{,}31$
- $F_{32} = 0{,}31$

Ora che sono disponibili tutti i fattori di vista si applica l'equazione:

$$\dot{Q}_i \neq \sigma T_i^4 = J_i + \frac{1-\varepsilon_i}{\varepsilon_i} \sum_{j=1}^{N} F_{i \rightarrow j} (J_i - J_j)$$

① $\sigma T_1^4 = I_1 + \frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1} \cdot [F_{13} \cdot (I_1 - I_3) + F_{12}(I_1 - I_2)]$

② $\sigma T_2^4 = I_2 + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2} \cdot [F_{23}(I_2 - I_3) + F_{21}(I_2 - I_1)]$

③ $\sigma T_3^4 = I_3 + 0$ ← la superficie è nera!

① $5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (700)^4 = I_1 + \frac{1-0{,}8}{0{,}8} \cdot [0{,}62 \cdot (I_1 - I_3) + 0{,}38 (I_1 - I_2)]$

Da cui $I_1 = 11418\ W/m^2$ $I_2 = 4562\ W/m^2$ $I_3 = 1452\ W/m^2$

La potenza termica netta scambiata per irraggiamento vale:

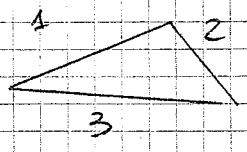
(1) $\dot{Q}_1 = \sum_n \dot{Q}_{1n} = \sum_n F_{1n} \cdot A_1 \cdot (I_1 - I_n) = A_1 \cdot [F_{12} \cdot (I_1 - I_2) + F_{13} \cdot [I_1 - I_3)] = 3,14 \cdot [0,38 \cdot (11418 - 4562) + 0,62 (11418 - 1452)] = 27,6$ kW

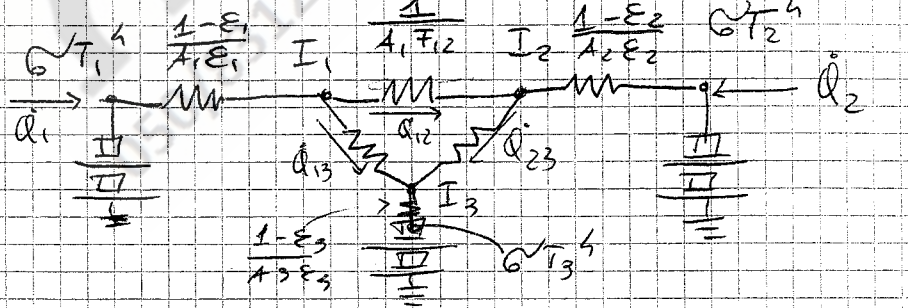
$\dot{Q}_2 = A_2 \cdot [F_{21} (I_2 - I_1) + F_{23} (I_2 - I_3)] = -2,13$ kW

$\dot{Q}_3 = -25,5$ kW

(3) La potenza Termica netta scambiata è diretta DALLA superficie superiore VERSO quella inferiore e quella laterale, e che la somma algebrica delle tre potenze nette deve essere zero: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$.
Per mantenere a temperature costante le 3 superfici si deve fornire costantemente alla superficie superiore una potenza Termica di 27,6 kW ed invece sottrarre 2,13 kW a quella inferiore e 25,5 kW a quella laterale.

(4) Si considera una cavità composta da tre superfici opache, grigie e diffondenti, rispettivamente di area superficiale A_1, A_2 e A_3, emissività $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$, T_1, T_2, T_3 uniformi. L'analogia elettrica vale:





Serve quindi calcolare mediante le radiosità I_1, I_2 ed I_3. Le tre equazioni per la determinazione di queste tre incognite si ricavano imponendo che la somma algebrica delle tre correnti (potenze Termiche nette) in ciascun nodo sia uguale a zero:

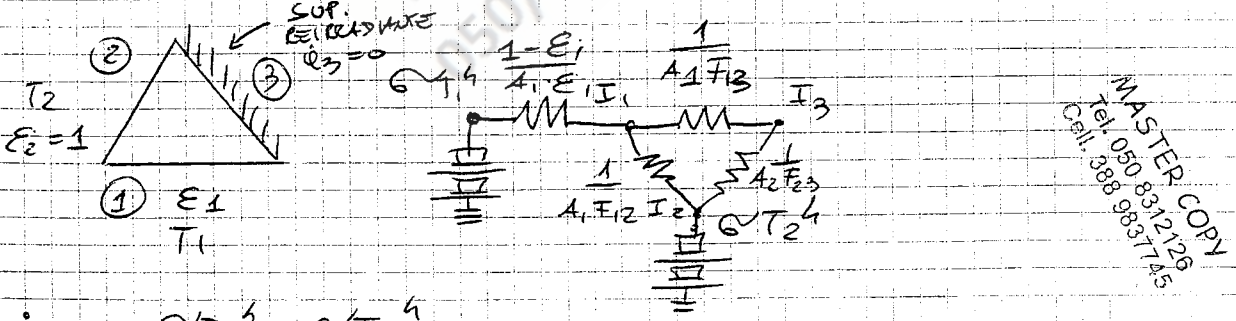
① $\frac{\sigma T_1^4 - I_1}{R_1} + \frac{(I_2 - I_1)}{R_{12}} + \frac{(I_3 - I_1)}{R_{13}} = 0$

② $\frac{I_1 - I_2}{R_{12}} + \frac{\sigma T_2^4 - I_2}{R_2} + \frac{I_3 - I_2}{R_{23}} = 0$

③ $\frac{I_1 - I_3}{R_{13}} + \frac{I_2 - I_3}{R_{23}} + \frac{\sigma T_3^4 - I_3}{R_3} = 0$

Una volta note I_1, I_2, I_3 si può calcolare la potenza termica scambiata per irraggiamento da ciascuna superficie con la: $Q_i = \sum_{j=1}^{N} \dot{Q}_{i \to j} = \sum_{j=1}^{N} \frac{I_i - I_j}{R_{i \to j}}$

(V) Un forno ha la forma di un lungo condotto a sezione trasversale triangolare equilatera, con lati di dimensione 1 m. La superficie inferiore ha emissività 0,7 ed è mantenuta a temperatura costante pari a $T = 600$ K. La sup. laterale di sinistra riscaldata può considerarsi un corpo nero a 1000 K, mentre quella a destra è perfettamente isolata. Calcolare la potenza termica da fornire dall'esterno alla superficie riscaldata per unità di lunghezza del condotto in condizioni stazionarie.



$$\dot{Q}_1 = \frac{\sigma T_1^4 - \sigma T_2^4}{\frac{1-\varepsilon_1}{A_1 \varepsilon_1} + \left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{(R_{13} + R_{23})}\right)^{-1}} = 28{,}0 \text{ kW}$$

- $1 = F_{12} + F_{13} \Rightarrow F_{12} = F_{13} = 0{,}5$ PER SIMMETRIA

Si deve quindi fornire una potenza termica di 28 kW per mantenere il forno in condizioni

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745