



Fisica Tecnica (Modulo 1)- LM4

Fisica Tecnica – L23

A.A. 2021-2022





Lezione n. 18

Meccanismi combinati di scambio termico
Trasmittanza termica



TRASMITTANZA TERMICA DI UNA PARETE MULTISTRATO.

Parete multistrato di **separazione** tra un **ambiente interno** da uno **esterno** in **regime stazionario e monodimensionale**

T_{ai} : temperatura dell'aria nell'ambiente **interno**

T_{ae} : temperatura dell'aria nell'ambiente **esterno**.

Nell'ambiente interno un **certo numero di corpi** (pareti, soffitto, pavimento, arredi, persone...) ciascuno con la sua **temperatura superficiale**. Altrettanto in quello **esterno**.

T_{sj} : temperatura della generica **superficie** presente nell'ambiente.

Scambi convettivi tra l'aria interna e la **superficie interna** della parete

Scambi convettivi tra la **superficie esterna** della parete e l'aria esterna

Scambi radiativi tra i **corpi interni** e la **superficie interna** della parete

Scambi radiativi tra la **superficie esterna** della parete ed i **corpi esterni**

Scambi conduttivi dentro la parete

Tutti gli **scambi radiativi** tra le superfici di ciascuno dei due ambienti e la parete **ridotti ad un unico fenomeno** tra la **temperatura superficiale** della **parete** (rispettivamente **interna ed esterna**) e la **Temperatura media radiante**:

temperatura superficiale di un **ipotetico corpo nero** con il quale la superficie della parete considerata **scambi per irraggiamento** la **stessa quantità** di calore che scambia nella **realtà**.

In prima approssimazione:
$$T_{mr} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{s,j} \cdot S_j}{\sum_{j=1}^n S_j}$$

Media pesata mediante le **rispettive superfici** delle **temperature superficiali** di tutti i corpi presenti nell'ambiente

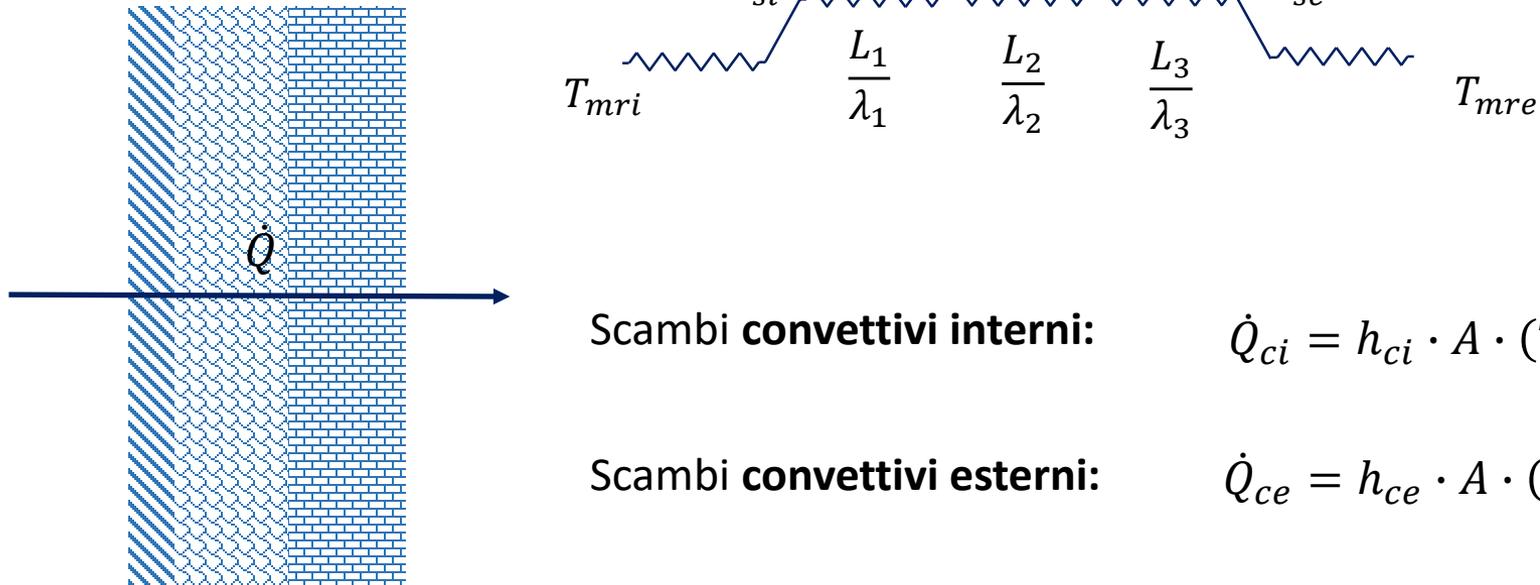
T_{mri} Temperatura media radiante interna

T_{mre} Temperatura media radiante esterna

T_{si} Temperatura della superficie interna della parete

T_{se} Temperatura della superficie esterna

Metodo dell'analogia elettrica.

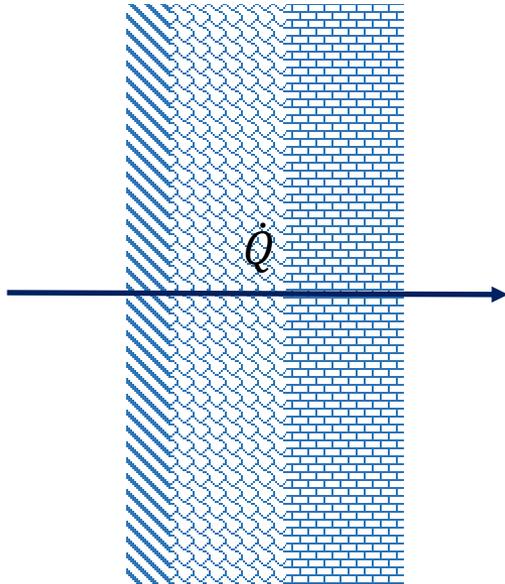


Scambi **convettivi interni:** $\dot{Q}_{ci} = h_{ci} \cdot A \cdot (T_{ai} - T_{si})$

Scambi **convettivi esterni:** $\dot{Q}_{ce} = h_{ce} \cdot A \cdot (T_{se} - T_{ae})$

Scambi **radiativi interni:** $\dot{Q}_{ri} = F \cdot \sigma \cdot (T_{mri}^4 - T_{si}^4)$

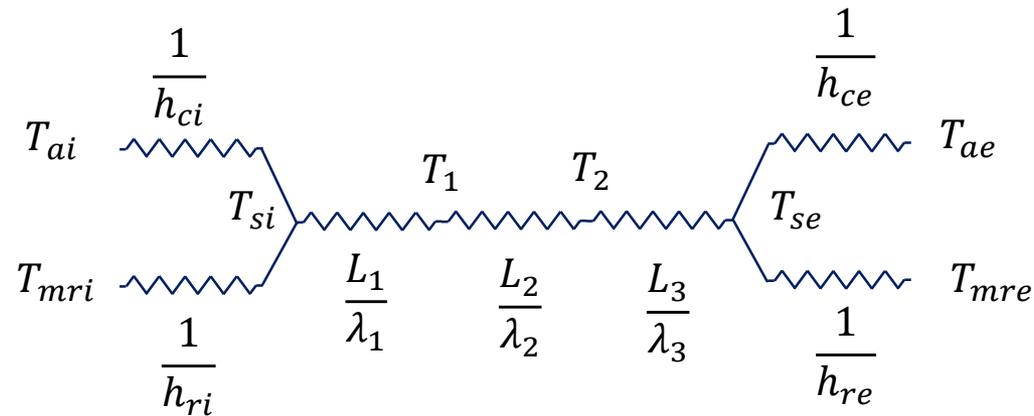
Scambi **radiativi esterni:** $\dot{Q}_{re} = F \cdot \sigma \cdot (T_{se}^4 - T_{mre}^4)$

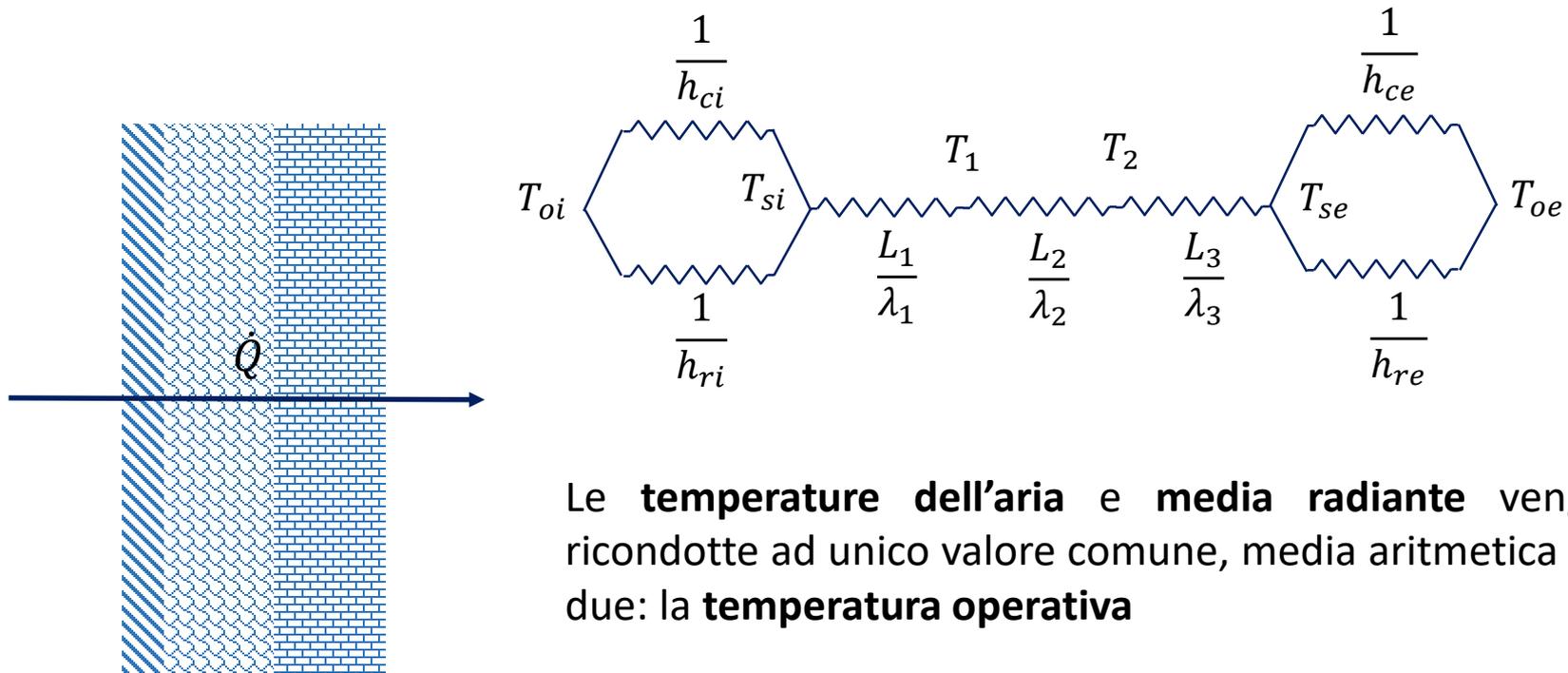


Le **relazioni** che descrivono gli **scambi radiativi** possono essere **linearizzate**, introducendo un **coefficiente di scambio termico radiativo** h_r , dipendente dalle **temperature**, dal **fattore di forma** e dalle **emissività** :

Scambi radiativi interni: $\dot{Q}_{ri} = h_{ri} \cdot A \cdot (T_{mri} - T_{si})$

Scambi radiativi esterni: $\dot{Q}_{re} = h_{re} \cdot A \cdot (T_{se} - T_{mre})$





Le **temperature dell'aria e media radiante** vengono ricondotte ad unico valore comune, media aritmetica delle due: la **temperatura operativa**

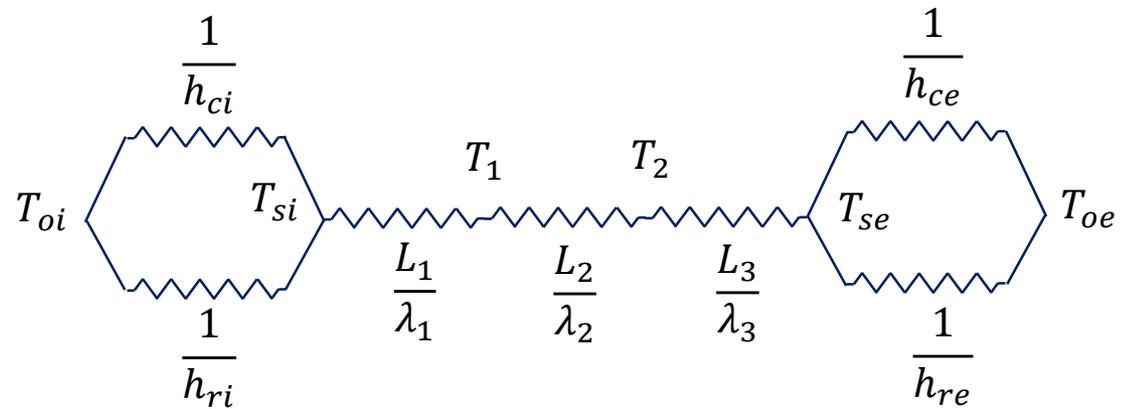
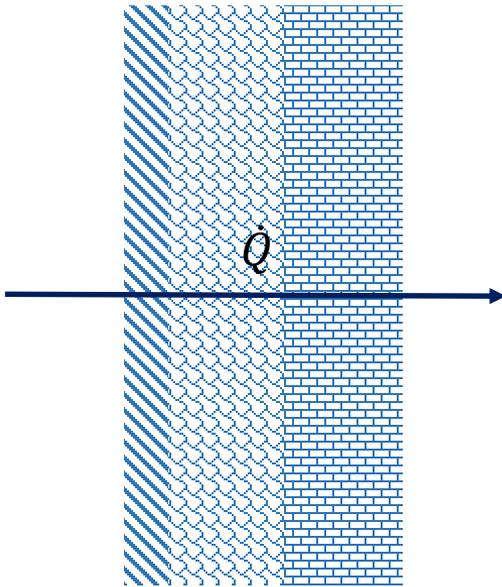
Temperatura **operativa interna**

$$T_{oi} = \frac{T_{ai} + T_{mri}}{2}$$

Temperatura **operativa esterna**

$$T_{oe} = \frac{T_{ae} + T_{mre}}{2}$$

In questo modo le **resistenze radiative e convettive** risultano disposte **in parallelo**



$$\begin{cases} \dot{Q}_{ci} = h_{ci} \cdot A \cdot (T_{oi} - T_{si}) \\ \dot{Q}_{ri} = h_{ri} \cdot A \cdot (T_{oi} - T_{si}) \end{cases} \Rightarrow \dot{Q} = \alpha_i \cdot A \cdot (T_{oi} - T_{si})$$

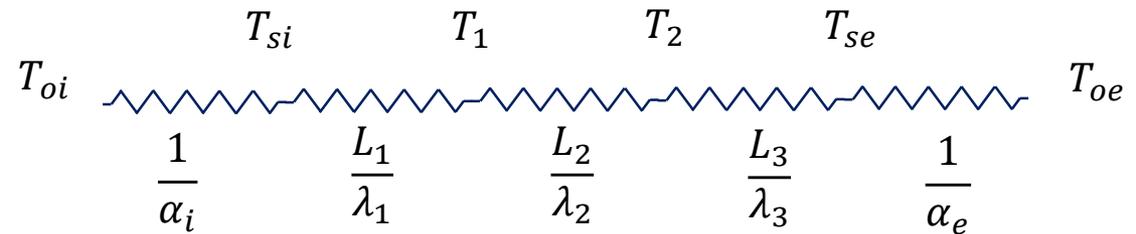
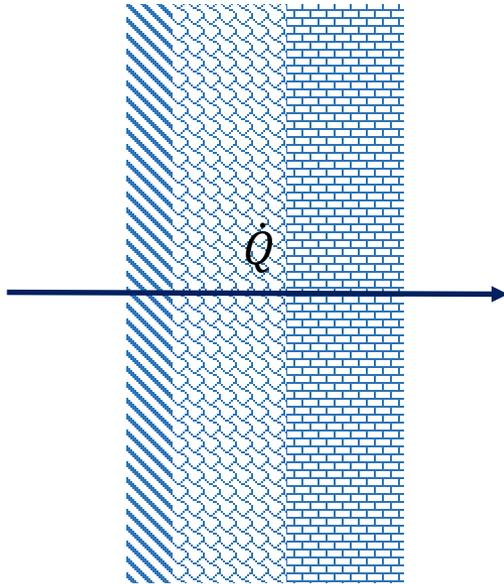
$$\begin{cases} \dot{Q}_{ce} = h_{ce} \cdot A \cdot (T_{se} - T_{oe}) \\ \dot{Q}_{re} = h_{re} \cdot A \cdot (T_{se} - T_{oe}) \end{cases} \Rightarrow \dot{Q} = \alpha_e \cdot A \cdot (T_{se} - T_{oe})$$

α : **adduttanza** o coefficiente di **adduzione** $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

Adduttanza interna: $\alpha_i = h_{ci} + h_{ri}$

Adduttanza esterna: $\alpha_e = h_{ce} + h_{re}$

Cinque resistenze in serie

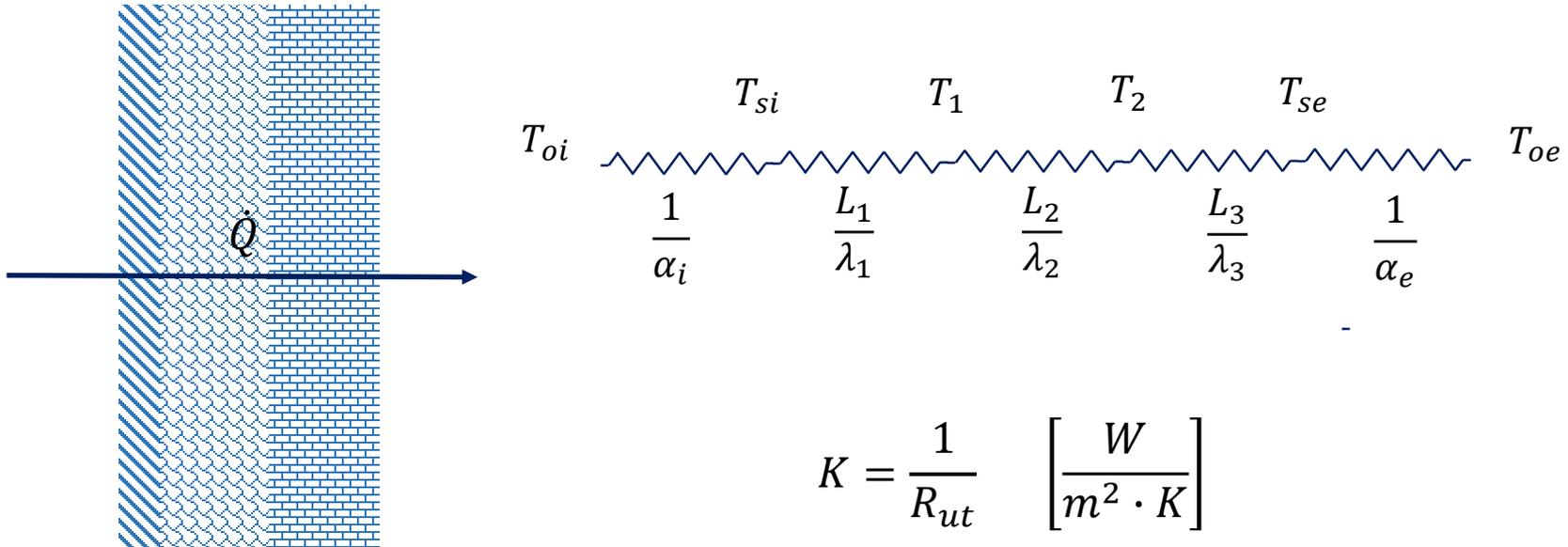


$$R_{ut} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

Generalizzando ad caso di **n strati**:

$$R_{ut} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

Trasmittanza termica



Si definisce **trasmittanza termica** della parete multistrato che separa due ambienti a diversa temperatura la **potenza termica scambiata** tra i due ambienti **per unità di superficie** e **per unità di salto termico**.

Nota la trasmittanza si possono calcolare il **flusso termico** e la **potenza termica** scambiati:

$$\phi = K \cdot (T_i - T_e) \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \qquad \dot{Q} = K \cdot A \cdot (T_i - T_e) \quad [W]$$