Zeno Martini (admin)

ANALOGIA ELETTROTERMICA

1 January 2004

Nello studio della trasmissione del calore, nelle tre forme possibili conduzione, convezione, irraggiamento si perviene sempre, a regime, per quanto riguarda il flusso di potenza termica attraverso i corpi, ad una espressione del tipo

R*Q=DT (1)

in cui Q rappresenta la potenza termica trasmessa, DT la differenza di temperatura tra gli estremi della la sezione di controllo del flusso.

Essa è formalmente identica alla *legge di Ohm*

R*I=DV

per cui la R della (1) viene per questo chiamata *resistenza termica*.

Data la facilità con cui si possono combinare le resistenze elettriche tra loro, secondo i concetti di serie e parallelo, è naturale pensare di sfruttare tali metodi nella trasmissione del calore.

Le grandezze che si corrispondono nell'analogia sono riassunte nella seguente tabella

	Elettricità			**Calore**	
DV	V=J/C	differenza di potenziale	**DT**	K	differenza di temperatura
I	A=C/s	intensità di corrente	**Q=J/s**	W	potenza termica
R	ohm=V/A (1/g)*l/S=r*l/S	resistenza elettrica	**R**	K/W (1/l)*l/A 1/(h*A) 1/(hi*A)	resistenza termica conduzione convezione irraggiamento

L'analogia può essere così espressa:

In un corpo materiale l'intensità di corrente fluisce dal punto a potenziale più alto al punto a potenziale più basso, è proporzionale alla differenza di potenziale e dipende dalla natura del corpo materiale. La costante di proporzionalità corrispondente al rapporto tra la differenza di potenziale e l'intensità di corrente è chiamata resistenza elettrica.

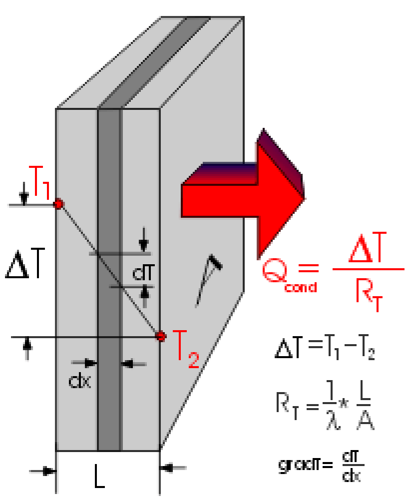
sostituendo le parole intensità di corrente con potenza termica e potenziale con temperatura, elettrico con termico si ha:

In un corpo materiale la potenza termica fluisce dal punto a temperatura più alta al punto a temperatura più bassa, è proporzionale alla differenza di temperatura e dipende dalla natura fisica del corpo. La costante di proporzionalità corrispondente al rapporto tra la differenza di temperatura e la potenza termica è chiamata resistenza termica.

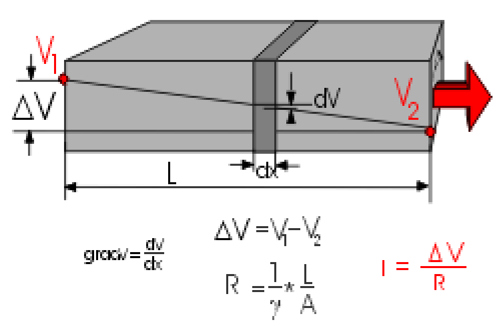
Se ci si riferisce al fenomeno della conduzione termica l'analogia si estende anche al modo in cui la resistenza elettrica e quella termica dipendono dalle proprietà fisico-geometriche del corpo materiale. Entrambe sono direttamente proporzionali alla lunghezza del corpo materiale misurata nel senso del flusso, ed inversamente proporzionale alla sezione trasversale. La costante di proporzionalità è chiamata resistività.

Le figure illustrano l'analogia.

Conduzione termica attraverso una parete piana



Conduzione Elettrica in un conduttore prismatico



T_1 e T_2 sono le temperature della sezione di ingresso e della sezione d'uscita della potenza termica Q.	V_1 e V_2 sono i potenziali della sezione di ingresso e della sezione d'uscita dell'intensità di corrente **I**.
L è lo spessore della parete, A l'area della sua superficie, l la conducibilità termica.	L è la lunghezza del prisma, A l'area della sua sezione trasversale, g la conducibilità elettrica.

Nel caso della convezione la differenza di temperatura da considerare è quella tra la temperatura della superficie e quella del fluido che la la lambisce a sufficiente distanza dalla parete, quindi **$DT= T_S-T_{fluido}$**. La resistenza termica diventa allora

$$R=(1/h)*(1/A)$$

in cui **h** **(W/m^2K)** è il *coefficiente di scambio termico convettivo* ed **A** l'area della superficie.

Anche nel caso dell'irraggiamento si perviene al concetto di resistenza termica. La differenza di temperatura da considerare è quella tra la temperatura della superficie del corpo considerato e quella dei corpi circostanti a temperatura ambiente. quindi **$DT= T_S-T_{amb}$**

La resistenza termica si calcola con l'espressione

$$R=(1/h_{irr})*(1/A)$$

dove

$$h_{irr}=es(T_S^2+T_{amb}^2)(T_S+T_{amb})\ (W/m^2K)$$

è il *coefficiente di scambio termico per irraggiamento.*

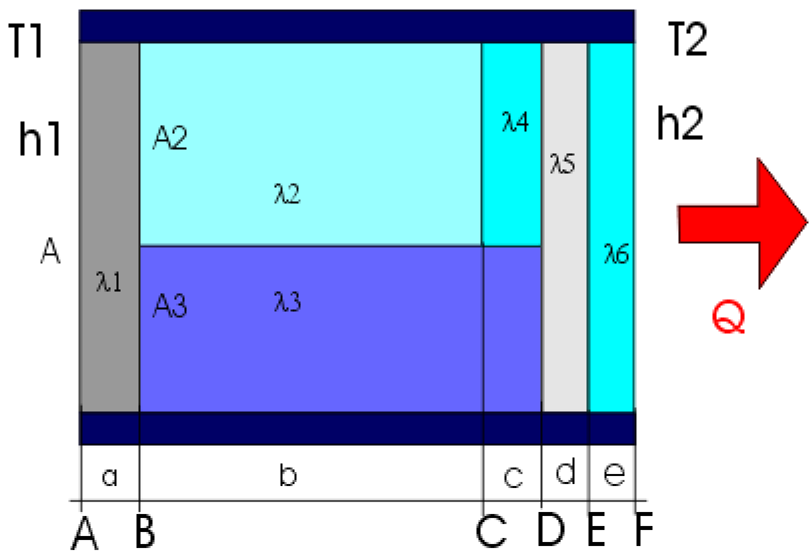
e: *è l'**emissività** della superficie.* L'emissività di una superficie è il rapporto tra la radiazione emessa dalla superficie e la radiazione emessa dal corpo nero alla stessa temperatura. (legge di Stefan-Boltzmann **$En=s*T^4$ W/m^2**)

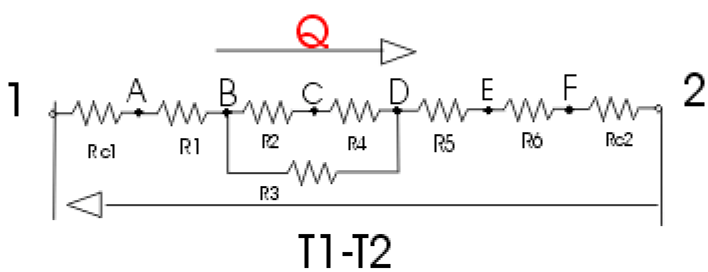
s: $5.67*10^{-8}$ *$W/(m^2K^4)$* *costante di Stefan-Boltzmann.*

E' opportuno in questo caso osservare che la resistenza termica dipende dalle temperature della superficie e dell'ambiente.

ESEMPIO

La figura che segue mostra il flusso di una potenza termica da un ambiente con un fluido a temperatura T1 verso un ambiente con un fluido a temperatura T2, attraverso una parete, l'area della cui superficie è A, composta da 6 diversi materiali. Si fa l'ipotesi che il flusso sia monodimensionale (cioè avvenga unicamente lungo l'asse x, orizzontale: ogni superficie orizzontale è adiabatica). I rettangoli blu sono superfici perfettamente isolanti dal punto di vista termico.





La struttura termica può essere schematizzata con la rete elettrica resistiva rappresentata.

Si ha:

$$\mathbf{R_{eq}=R_{c1}+R_1+(R_2+R_4)*R_3/(R_3+R_2+R_4)+R_5+R_6+R_{c2}.}$$

$$\mathbf{Q=(T1-T2)/R_{eq}}$$

con

$R_{c1}=1/(h_1*A)$; $R_{c2}=1/(h_2/A)$ *resistenze convettive*

$R_1=(1/l_1)*(a/A)$; $R_2=(1/l_2)*((b+c)/A_2)$; $R_3=(1/l_3)*((b+c)/A_3)$; $R_4=(1/l_4)*(c/A_2)$; $R_5=(1/l_5)*(d/A)$; $R_6=(1/l_6)*(e/A)$; *resistenze conduttive*

Le superfici verticali sono isoterme (-> equipotenziali) ed il valore della loro temperatura si trova applicando la legge di Ohm:

$$T_A=T_1-R_{c1}*Q$$

$$T_B=T_A-R_1*Q$$

$$T_C=T_B-R_2*Q_1$$

$$T_D=T_C-R_4*Q_1$$

$$Q_1=Q*R_3/(R_3+R_2+R_4)$$

$$T_E=T_D-R_5*Q$$

$$T_F=T_E-R_6*Q$$