



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Architettura

-

Laurea magistrale in
Architettura a ciclo unico

Corso di fisica tecnica ambientale

**LEZIONE 3:
INTRODUZIONE
AI MECCANISMI DI
TRASMISSIONE DEL CALORE**

Ing. Marco Cecconi

marco.cecconi@ingegneria.it

Obiettivo

- Introdurre i **concetti di base** sui meccanismi fisici di **trasmissione del calore**.

Indice

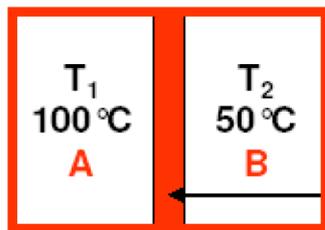
3. Introduzione ai meccanismi di trasmissione del calore

- Introduzione ai meccanismi di trasmissione del calore 3
- Espressione generale della trasmissione del calore 7

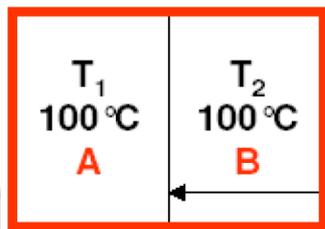
Trasmissione del calore

CALORE, TEMPERATURA, PASSAGGIO DI CALORE

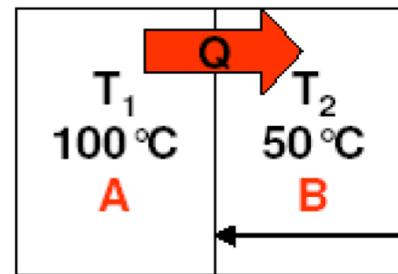
- Il **calore** è una forma di energia: **energia termica**, ossia energia cinetica microscopica delle particelle che compongono il materiale.
- La **temperatura** è l'effetto macroscopico dell'energia cinetica microscopica.
- La **trasmissione di calore** avviene solo se:
 - i due sistemi sono a temperature diverse;
 - i due sistemi non sono separati da una parete adiabatica.
- Il passaggio di calore avviene in modo **spontaneo** tra i corpi a temperatura più elevata a quelli a temperatura meno elevata (direzione di aumento dell'entropia e del disordine).



Parete adiabatica
 $q=0$



Stessa temperatura
 $q=0$



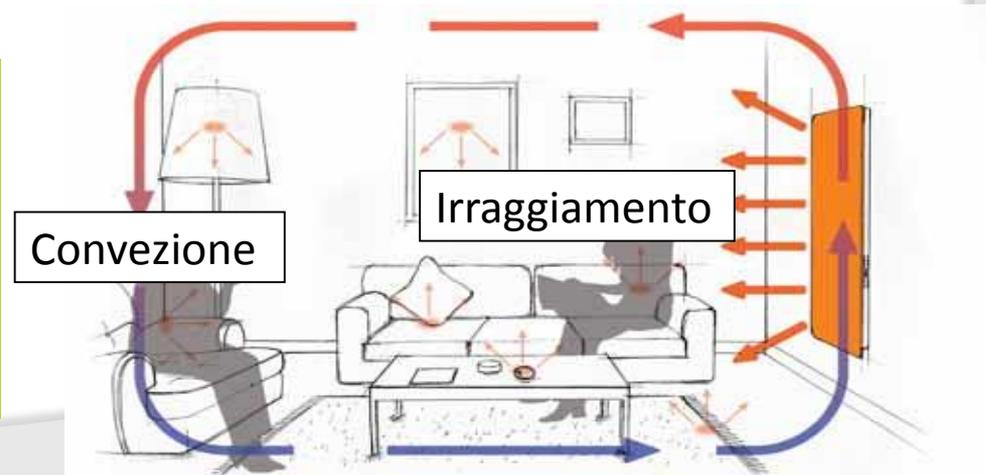
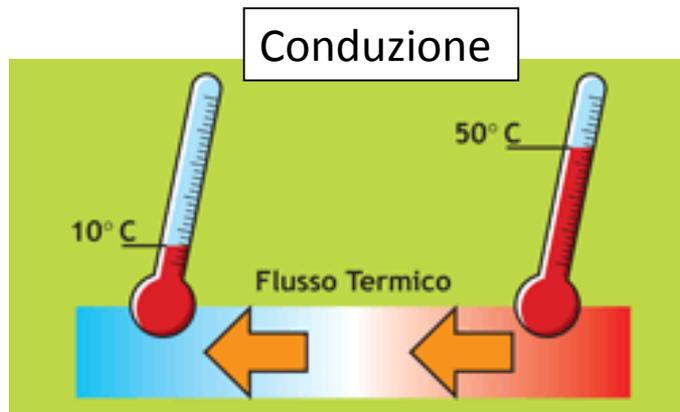
Parete non adiabatica
Temperature diverse
 $q \neq 0$

Meccanismi di trasmissione del calore

CONDUZIONE, CONVEZIONE IRRAGGIAMENTO

Il calore può essere trasmesso mediante **tre meccanismi**:

- **Conduzione**: ossia per **contatto fisico** tra **due corpi**, mediante un trasferimento diretto dell'energia cinetica delle particelle dovuto al contatto.
- **Convezione** (no convezione!!!): ossia per **contatto fisico** tra un **corpo e un fluido** (oppure tra **due fluidi**), anche in questo caso mediante trasferimento diretto dell'energia cinetica delle particelle dovuta al contatto.
- **Irraggiamento**: ossia **senza contatto fisico** tra i corpi, mediante trasferimento di energia sotto forma di **onde elettromagnetiche** generate dal movimento microscopico delle particelle costituenti la materia.



Meccanismi di trasmissione del calore

APPROCCIO ALLO STUDIO

- La trasmissione del calore è un **problema molto complesso** e la trattazione matematica completa è estremamente pesante.
- La soluzione di problemi termici complessi è affidata normalmente a **software di simulazione numerica**.
- La **trattazione di questo corso** include una serie di **ipotesi semplificative** per permettere un calcolo manuale e far capire i **concetti fondamentali** senza perdersi nella matematica. Le ipotesi saranno evidenziate di volta in volta.

Meccanismi di trasmissione del calore

INFO SULLE NOTAZIONI

- Il libro del Prof. Cammarata utilizza una **notazione leggermente diversa** per alcune grandezze, in particolare:
 - per noi "**q**" è **potenza termica** e "**Q**" è **energia termica**, Cammarata utilizzata spesso "Q" per entrambe.
 - per noi "**h**" è l'**entalpia** e "**H**" è il **coefficiente di scambio termico**, Cammarata utilizza "h" per entrambe.
- Se i concetti sono chiari **si possono usare tutte le notazioni dell'Universo.**
- **Per chiarezza nello studio**, però, si consiglia di **fare riferimento alla notazione delle slides.**

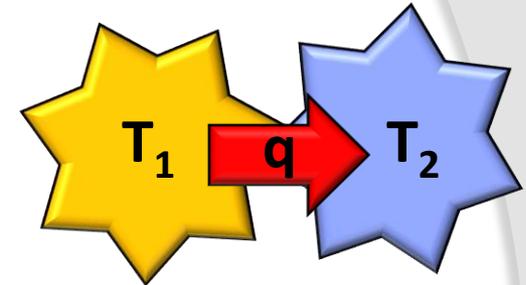
Espressione generale della trasmissione di calore

UNA EQUAZIONE PER TUTTI GLI SCAMBI

- I 3 meccanismi di trasmissione **dipendono tutti dalla differenza di temperatura** che è il motore di ogni scambio;



- Mediante opportune semplificazioni è possibile esprimere ogni tipo di scambio termico mediante la **medesima formula matematica**:



$$q = H \cdot \Delta T$$

$\Delta T = (T_1 - T_2) =$ **Differenza di temperatura** tra il corpo 1 ed il corpo 2 [K] oppure [°C].

$q =$ **Potenza termica** scambiata tra due corpi [W].

$H =$ **Coefficiente di scambio termico** [W/K].

Esprime la propensione alla scambio termico tra due corpi. **Dipende dal tipo di scambio** (conduzione, convezione, irraggiamento) e da una serie di parametri fisici.

- L'**obiettivo** dello studio sui meccanismi di trasmissione del calore sarà quello di **determinare** i valori corretti di "**H**" e di " **ΔT** ".

Equazione generale dello scambio termico

Esempio 1:

- **Un corpo alla temperatura di 50°C viene appoggiato su un tavolo. Il suo scambio termico è composto come segue:**
 - per conduzione con il tavolo ($T=20^{\circ}\text{C}$) con un coefficiente $H_1=10\text{ W/K}$;
 - per convezione con l'aria ambiente ($T=20^{\circ}\text{C}$) con un coefficiente $H_2=20\text{ W/K}$;
 - per irraggiamento con le pareti e gli oggetti della stanza ($T=18^{\circ}\text{C}$) con coefficiente $H_3=25\text{ W/K}$;
 - per irraggiamento con il camino adiacente al tavolo ($T=300^{\circ}\text{C}$) con coefficiente $H_4=5\text{ W/K}$.

Determinare la potenza termica netta che fluisce verso il corpo.

- La potenza totale è la somma delle singole potenze. Se il ΔT è lo stesso si possono associare più flussi. Si vuole che sia positivo il calore entrante nel corpo e negativo quello uscente, perciò i ΔT vanno calcolati come $(T_{\text{oggetti}} - T_{\text{contenitore}})$.

$$q = (10+20) \cdot (20-50) + 25 \cdot (18-50) + 5 \cdot (300-50) = -900 - 800 + 1250 = -450\text{ W}$$

La potenza termica netta che fluisce verso il corpo è di -450W, significa che il corpo disperde in ambiente 450 W.

Equazione generale dello scambio termico

Esempio 2:

- **Si vuole determinare il coefficiente di scambio termico per convezione di un sistema composto da due corpi rispettivamente alla temperatura $T_1=60^\circ$ e $T_2 = 30^\circ\text{C}$ che scambiano calore anche per irraggiamento. Sappiamo che la potenza termica scambiata totale (compreso l'irraggiamento) è di 420W e che l'irraggiamento ha un coefficiente di scambio pari a 10W/K e stesse temperature della convezione.**

La potenza totale è la somma delle singole potenze. Se il ΔT è lo stesso si possono associare più flussi. Si vuole che sia positivo il calore entrante nel corpo e negativo quello uscente, perciò i ΔT vanno calcolati come $(T_{\text{oggetti}} - T_{\text{contenitore}})$.

$q = q_{\text{conv}} + q_{\text{irr}} = H_{\text{conv}} \cdot \Delta T + H_{\text{irr}} \cdot \Delta T \rightarrow$ inverte l'equazione per trovare H_{conv}

$$H_{\text{conv}} = (q - H_{\text{irr}} \cdot \Delta T) / \Delta T = (420 - 10 \cdot 30) / 30 = 4 \text{ W/K}$$

Il ΔT va scelto $T_1 - T_2$ poiché il calore scambiato è positivo (dal corpo caldo a quello freddo).

GRAZIE DELL' ATTENZIONE

Ing. Marco Cecconi

marco.cecconi@ingenergia.it



IngEnergia

Condivisione della ricerca
sull'efficienza energetica