

# BILANCI TERMICI

- TRASMISSIONE DEL CALORE

Lucidi del Prof. D. Scannicchio

# TRASMISSIONE del CALORE

*meccanismi di trasmissione del calore*

- **convezione**

**PROPAGAZIONE MEDIANTE TRASPORTO DI MATERIA**

- **conduzione**

**PROPAGAZIONE SENZA TRASPORTO DI MATERIA**

- **irraggiamento**

**EMISSIONE DI ONDE ELETTROMAGNETICHE  
(RADIAZIONE TERMICA)**

- **evaporazione (sistemi biologici)**



# TRASMISSIONE del CALORE

## CONVEZIONE

## PROPAGAZIONE MEDIANTE TRASPORTO DI MATERIA

$$\frac{Q}{\Delta t} = K_{\text{conv}} S \Delta T \quad (\text{cal s}^{-1})$$

$\Delta T$  = variazione di temperatura

$\Delta t$  = intervallo di tempo

$S$  = superficie

$K_{\text{conv}}$  = costante convettiva

fluidi nei sistemi biologici :

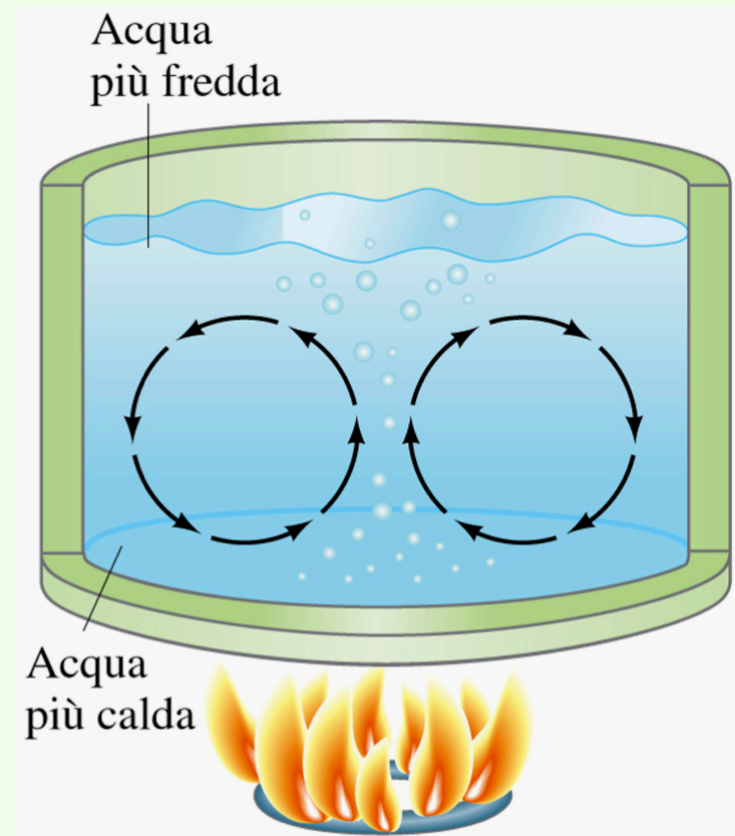
- sangue (animali)
- linfa (vegetali)



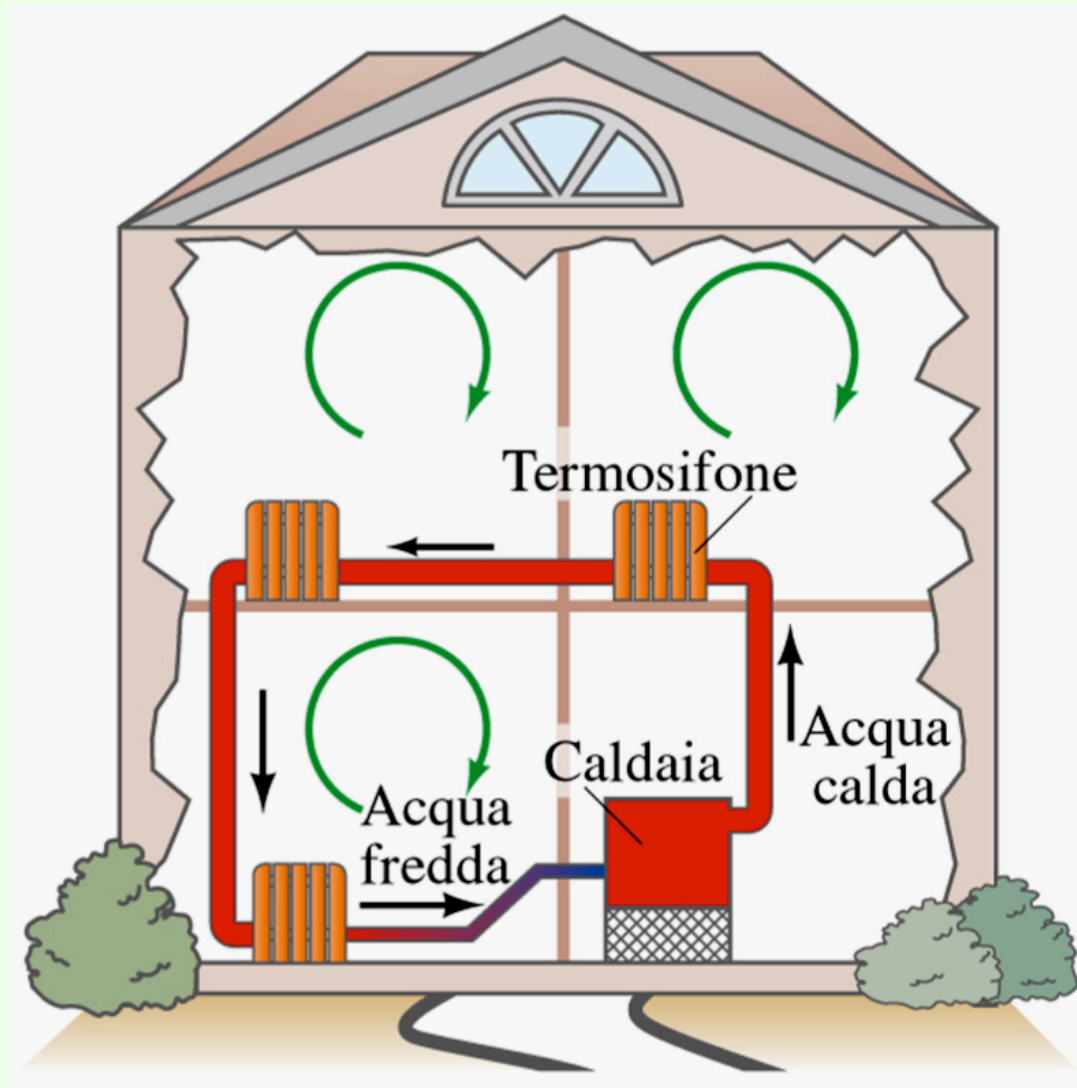
**CONVEZIONE** : il trasferimento di calore avviene quando un fluido (gas o liquido) è in contatto con un sistema la cui temperatura è maggiore di quella del fluido stesso.

In generale il trasferimento di calore è accompagnato da movimenti macroscopici di materia.

Un recipiente contenente un liquido omogeneo che viene riscaldato dal basso. La parte calda dilatandosi (minor densità) tende a galleggiare in virtù della spinta di Archimede, quindi si sposta verso l'alto mentre le porzioni più fredde del liquido scendono sul fondo a contatto con la sorgente di calore. Si crea una **circolazione convettiva**



**Convezione forzata** : circolazione di aria (ventilatore) o di un fluido (caldaia) moto convettivo forzato.



# TRASMISSIONE del CALORE

## CONDUZIONE

## PROPAGAZIONE SENZA TRASPORTO DI MATERIA

$$\frac{Q}{\Delta t} = K \frac{S}{d} \Delta T \text{ (cal s}^{-1}\text{)}$$

**S** = superficie

**$\Delta t$**  = intervallo di tempo

**K** = conducibilità termica

**d** = distanza

## MATERIALI DIVERSI **K** (kcal m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)

rame 9.2 10<sup>-2</sup>

legno 0.3 10<sup>-4</sup>

ghiaccio 5.2 10<sup>-4</sup>

polistirolo 9.3 10<sup>-6</sup>

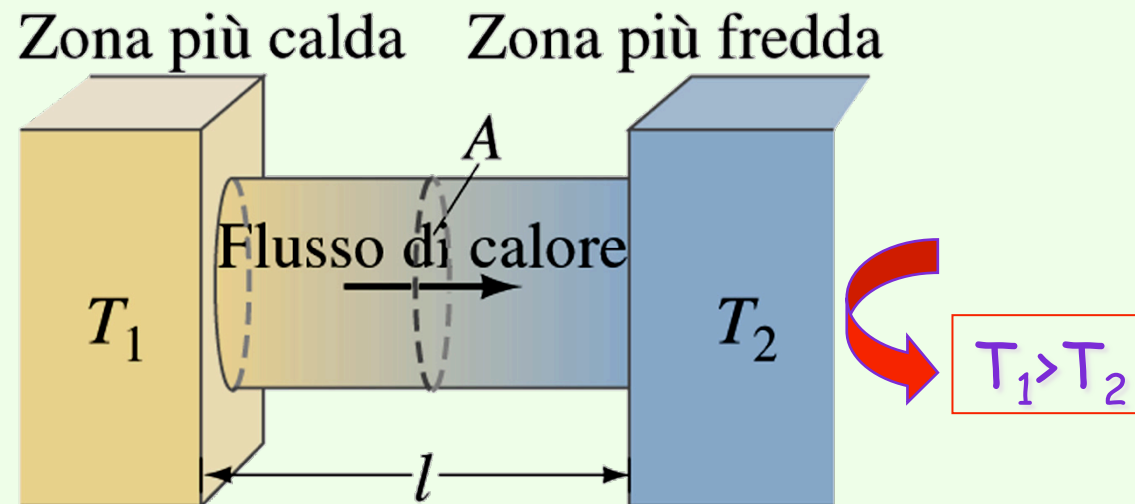
acqua 1.4 10<sup>-4</sup>

aria 5.5 10<sup>-6</sup>



# TRASMISSIONE del CALORE

**CONDUZIONE**: il trasferimento avviene attraverso un mezzo materiale senza che nel mezzo vi sia trasferimento di materia.



è un processo dominato a livello microscopico dagli urti molecolari in cui c'è trasferimento di energia tra molecole più energetiche (parte calda) e quelle meno energetiche (parte fredda) ma le molecole non lasciano la loro posizione media nel solido

# TRASMISSIONE del CALORE

**trasporto di energia nei fenomeni ondulatori: intensità I**

- energia trasportata nell'unità di tempo e attraverso l'unità di superficie :

$$I = \frac{\text{energia}}{\Delta t \cdot S}$$

- unità di misura: S.I.  $\frac{\text{joule}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$   
sistema pratico  $\text{cal s}^{-1} \text{m}^{-2}$



# TRASMISSIONE del CALORE

## IRRAGGIAMENTO TERMICO

(RADIAZIONE TERMICA)

emissione di onde elettromagnetiche  
da parte di corpo a temperatura  $T$

intensità  $I = \frac{Q}{\Delta t \Delta S}$  cal s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> oppure watt m<sup>-2</sup>

## LEGGI DELL'EMISSIONE TERMICA

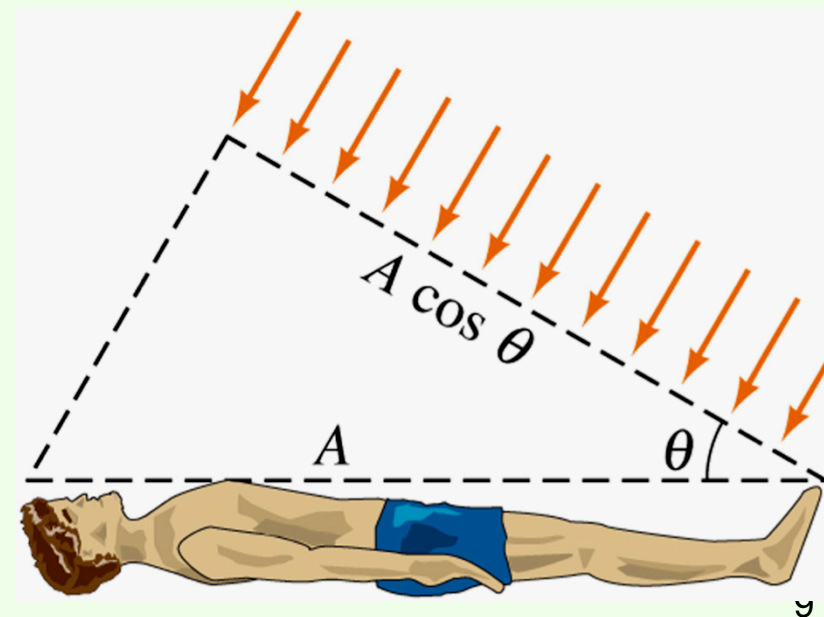
legge di Stefan  $I = \sigma T^4$  (watt m<sup>-2</sup>)

legge di Wien  $\lambda_{\text{Imax}} = \frac{0.2897}{T}$  (cm)

**IRRAGGIAMENTO:** il trasferimento di calore avviene in assenza di materia per il trasporto e consiste nella trasmissione di energia mediante onde elettromagnetiche attraverso lo spazio vuoto ➔ radiazione termica

La radiazione elettromagnetica più importante è quella proveniente dal Sole (di temperatura 6000K).

Composta di luce visibile (a cui è sensibile l'occhio umano) più altre componenti (Infrarosso IR, e l'ultravioletto UV).



## IRRAGGIAMENTO DEL CORPO UMANO:

es. 10.1 del libro di Scannicchio

Poiche' il corpo umano e' un corpo ad una certa temperatura  $T$ , anch'esso irraggia radiazione termica.

Potenza irraggiata da un soggetto la cui superficie cutanea si trova a temperatura  $33^{\circ}\text{C}$  e avente un'area totale di  $1.8 \text{ m}^2$ .

$$I = \sigma T^4 = 497 \text{ W m}^{-2}$$

potenza irraggiata dal corpo umano

$$P = 497 \text{ W m}^{-2} \cdot 1.8 \text{ m}^2 = 895 \text{ W}$$

Se il soggetto si trova in un locale con pareti a temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$  riceve dalle pareti una potenza per irraggiamento di  $752 \text{ W}$ .

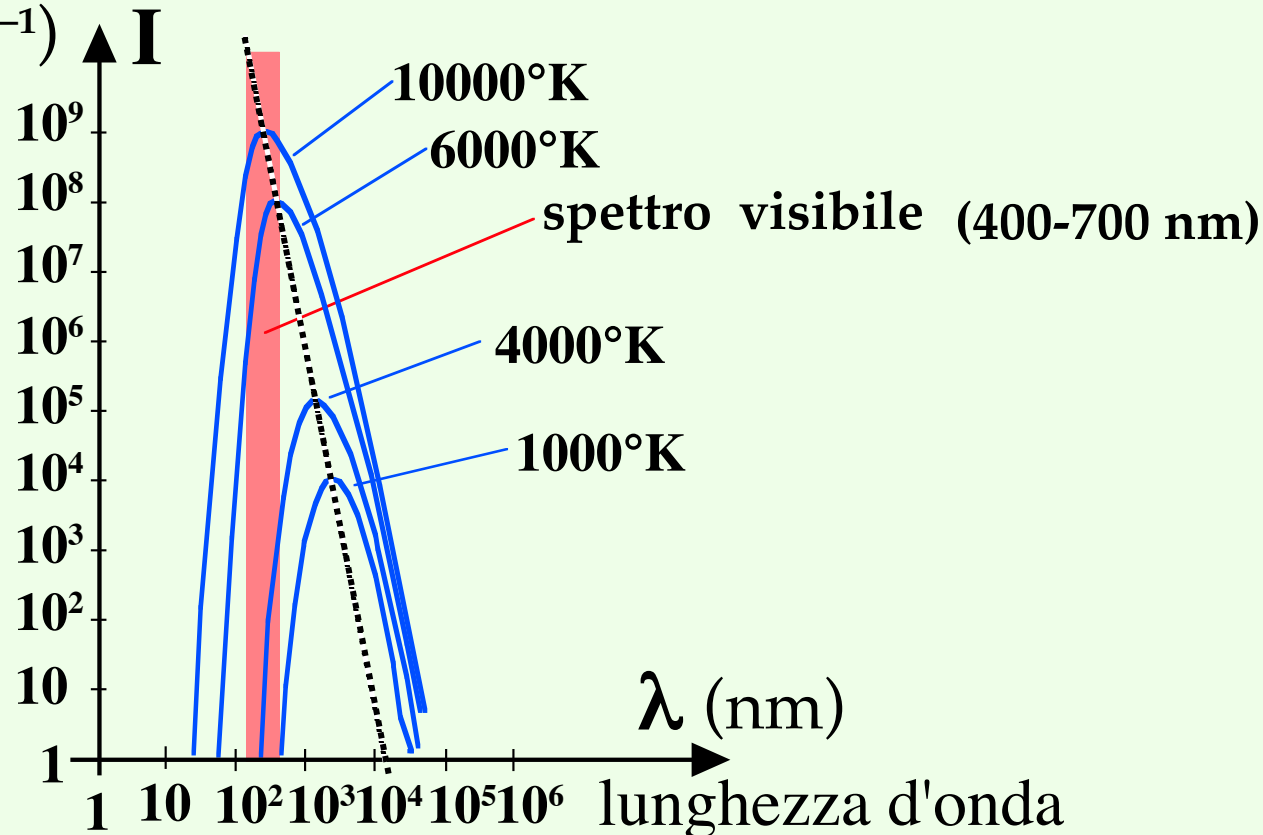
In totale la perdita energetica e' di  $895 - 752 \text{ W} = 143 \text{ W}$

Con i vestiti la perdita puo' essere molto inferiore!!!

● legge di Stefan  $I = \sigma T^4$  (watt m<sup>-2</sup>)

● legge di Wien  $\lambda_{I_{\max}} = \frac{0.2897}{T}$  (cm)

intensità spettrale emessa  
(Wm<sup>-2</sup> μm<sup>-1</sup>)



# TRASMISSIONE del CALORE

## EVAPORAZIONE

(sistemi biologici)

calore di evaporazione H<sub>2</sub>O

$$\text{H}_2\text{O} (t = 37^\circ\text{C}) \approx 580 \text{ cal g}^{-1}$$

(trasmissione di calore verso l'esterno)

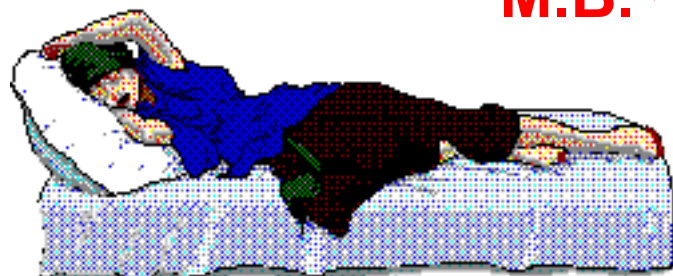
### esempio

evaporazione di 100 g H<sub>2</sub>O → 58 kcal = 242.5 kJ

metabolismo basale = M.B. ≈ 50 kcal ora<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>  
(minima quantità di energia per garantire le funzioni vitali)

# METABOLISMO BASALE

Anche a riposo il corpo consuma energia; questa serve fra l'altro per il funzionamento degli organi (attività cardiocircolatoria, respiratoria, etc.) e per le attività di termoregolazione (scaldare il corpo in modo da mantenerlo ad una temperatura di poco meno di 37 °C). Si tratta del cosiddetto metabolismo basale, cioè di quel complesso di fenomeni fisici ed energetici e di trasformazioni chimiche che avvengono all'interno delle cellule e provvedono alla conservazione ed al rinnovamento della materia vivente.



$$\begin{aligned} \text{M.B.} &\sim 2000 \text{ kcal/giorno} \\ &= 2 \times 10^6 \times 4.18 \text{ J/giorno} \\ &\sim 100 \text{ J/s} = 100 \text{ W} \end{aligned}$$



Il consumo di energia del corpo umano in condizioni di base, cioè in condizioni di completo riposo fisico e psichico, a temperatura ambiente, in un individuo di media corporatura è di circa 2000 kcal giornaliere; per mantenere invariato il peso corporeo, questa energia va rifornita con gli alimenti. Il tasso di consumo energetico alle condizioni di base è di circa 100 W, cioè quanto quello di una lampadina elettrica della stessa potenza.