

# L'energia nelle macchine termiche

**"Macchina"** = ogni dispositivo che sfrutta una forma di energia per produrre lavoro o in generale un'altra forma di energia

In teoria, tutte le macchine potrebbero avere rendimento  $\eta = 100\%$ ,  
tranne quelle che trasformano calore in lavoro  
(lo impedisce il 2° principio della Termodinamica)

## Cascata:

energia potenziale  $\rightarrow$  energia elettrica  $\rightarrow$  lavoro meccanico  $\rightarrow \eta_{\text{teor}} = 100\%$

## Pila:

energia elettrica  $\rightarrow$  lavoro meccanico  $\rightarrow \eta_{\text{teor}} = 100\%$

## Sistemi biologici (corpo umano):

energia chimica  $\rightarrow$  calore  $\rightarrow$  lavoro meccanico + altro calore  $\rightarrow \eta < 100\%$

Es.

# Trasmissione del calore

## Modalità di trasmissione del calore:

- **CONDUZIONE** → senza trasporto di materia (solidi)
  - **CONVEZIONE** → con trasporto di materia (liquidi, gas)
  - **IRRAGGIAMENTO** → emissione di onde elettromagnetiche (solidi, liquidi, gas)
- e, nei sistemi biologici,
- **EVAPORAZIONE** → emissione di vapore acqueo (calore di evaporazione dell'acqua a 37°C: 580 cal/g)

# Conduzione e convezione

Conduzione → senza trasporto di materia  
Convezione → con trasporto di materia

Quantità di calore nell'unità di tempo:

convezione:

$Q/\Delta t$  (cal/s)  $\propto S \cdot \Delta T$  → superficie, variaz. temperatura

conduzione:

$Q/\Delta t$  (cal/s)  $\propto S \cdot \Delta T/d$  → superficie, variaz. temperatura, distanza

Dipende dalla **conducibilità termica**  $K$  [kcal/(m·s·°C)],  
diversa per ogni sostanza:

**conduttori termici** → metalli ( $K \sim 10^{-2}$ ), acqua ( $K \sim 10^{-4}$ )

**isolanti termici** → legno ( $K \sim 10^{-5}$ ), polistirolo ( $K \sim 10^{-5}$ ), aria ( $K \sim 10^{-6}$ )

# Irraggiamento termico

Ogni corpo emette radiazione termica ( $\rightarrow$  onde elettromagnetiche) dipendente dalla sua temperatura assoluta  $T$

intensità =  $\frac{\text{quantità di radiazione}}{\text{tempo} \cdot \text{superficie}}$

$$I = Q/(\Delta t \cdot \Delta S)$$

$$\text{W/m}^2$$

Leggi dell'emissione termica:

$I \propto T^4$  (temperatura assoluta)

lunghezza d'onda massima  $\lambda \propto 1/T$

Anche un corpo "freddo" emette radiazione termica!

**Radiazione emessa dal corpo umano con febbre a  $40^\circ$  (rispetto a  $37^\circ$ ):**

$$I_{40}/I_{37} = T_{40}^4/T_{37}^4 = [(273+40)/(273+37)]^4 = (313/310)^4 = 1.0393$$

(3.93 % in più)

Es.

# Metabolismo del corpo umano

Corpo umano  $\rightarrow$  "macchina" a energia interna (chimica)

$$t \approx 37^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta t \approx 0 \rightarrow \Delta U \approx 0$$

**Aumento di energia ( $Q > 0$ ):**  
reazioni chimiche esotermiche  
(ossidazione carboidrati, grassi, proteine)

**Diminuzione di energia ( $Q < 0$ ):**  
emissione di calore nell'ambiente  
lavoro esterno (attività vitali)  
lavoro interno (attività vitali)

I due effetti  
si devono  
bilanciare

# Termoregolazione del corpo umano

## Modalita' di trasmissione del calore nel corpo umano:

### ■ CONDUZIONE

→ interno: contatto tra organi  
esterno: contatto tra cute e aria o vestiti

### ■ CONVEZIONE

→ interno: diffusione omogenea del calore tramite liquidi biologici (sangue e linfa)

### ■ IRRAGGIAMENTO

→ esterno: emissione termica

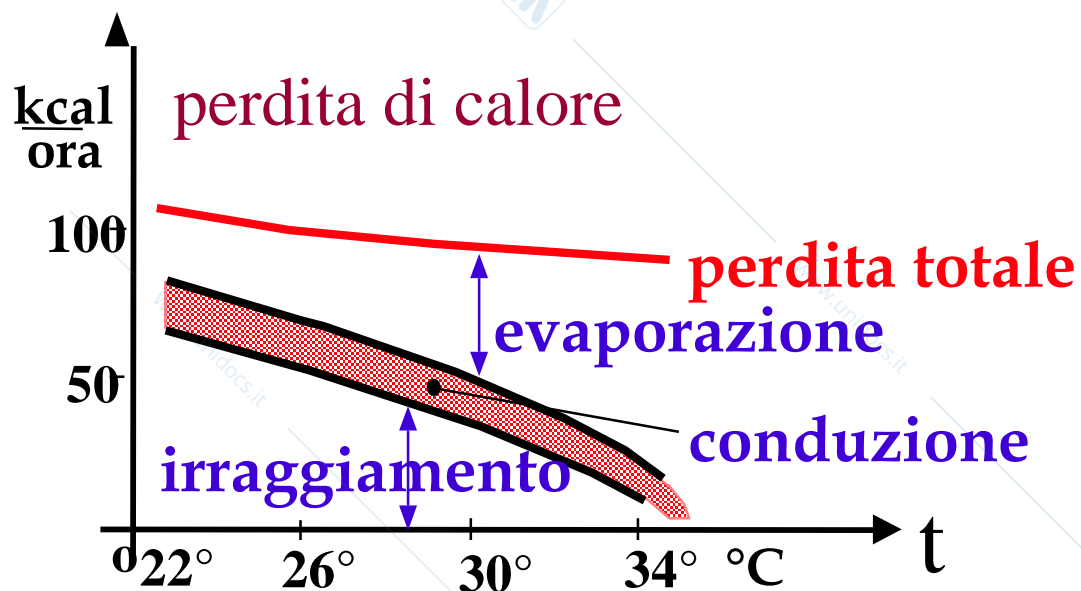
### ■ EVAPORAZIONE

→ esterno: sudorazione e evaporazione

# Temperatura e umidità

Conduzione, convezione e irraggiamento dipendono dalla **differenza** tra la temperatura corporea e quella ambiente.

L'evaporazione dipende dal tasso di **umidità relativa**: rapporto tra le pressioni di vapor acqueo di vapor saturo.



Quando la temperatura ambiente si avvicina ai  $37^{\circ}\text{C}$ , i normali meccanismi di trasmissione del calore non contribuiscono più; rimane solo l'evaporazione, ma solo se l'ambiente non è troppo umido.