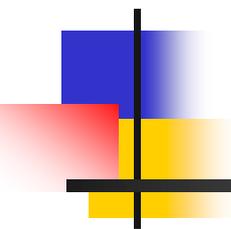


Complementi di Termodinamica: Irraggiamento termico



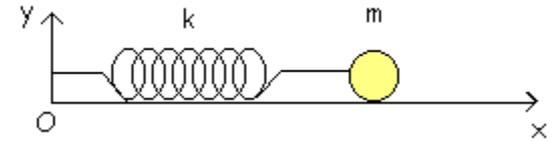
Dr. Luigi Rigon

Tel: 040 375 6232

E-mail: rigon@ts.infn.it

Oscillazioni

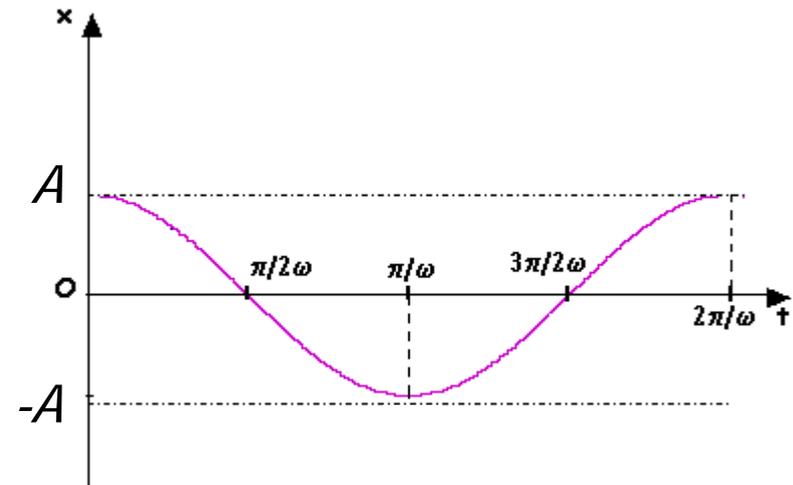
- Oscillazioni armoniche (semplici)



$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

$$\nu = \frac{1}{T}$$



- T e' il periodo e si misura in secondi
- ν e' la frequenza e si misura in Hertz ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$)
- ogni oscillazione complessa puo' essere considerata la sovrapposizione di oscillazioni armoniche (teorema di Fourier)

Onde

■ Onda

- oscillazione che si propaga trasportando energia
- è caratterizzata dall'ampiezza e dalla frequenza della oscillazione associata, ma anche da:
 - la lunghezza d'onda λ – lunghezza del tratto percorso in un periodo
 - la velocità di propagazione v - nel caso delle onde elettromagnetiche nel vuoto $c = 299792458 \text{ m/s} \sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$v = \lambda \nu$$

$$c = \lambda \nu$$

- Onde meccaniche (o elastiche)
 - Longitudinali (vibrazione parallela alla direzione di propagazione)
 - Trasversali (vibrazione ortogonale alla direzione di propagazione)
- Onde elettromagnetiche

Campi Elettromagnetici

- In generale, una carica particella di carica q che si muove con velocità \mathbf{v} subisce una forza \mathbf{F} (detta forza di Lorentz):

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- I vettori \mathbf{E} e \mathbf{B} sono detti rispettivamente campo elettrico e campo magnetico. Essi sono *campi vettoriali*.
 - *campo*: si vuole indicare che sono definiti per ogni punto dello spazio e per ogni istante di tempo:
 - *vettoriale*: $\mathbf{E}(x,y,z;t)$ e $\mathbf{B}(x,y,z;t)$ sono vettori nello spazio
- Per i campi vettoriali \mathbf{E} e \mathbf{B} vale il principio di sovrapposizione. Ad es., se una certa regione di spazio è interessata simultaneamente dai campi \mathbf{E}_1 ed \mathbf{E}_2 , il campo risultante è:

$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Rappresentazioni dei campi vettoriali

Fig. 1-1. Un campo vettoriale si può rappresentare tracciando un sistema di frecce le cui grandezze e direzioni indicano i valori del campo vettoriale nei punti dai quali le frecce sono spiccate.

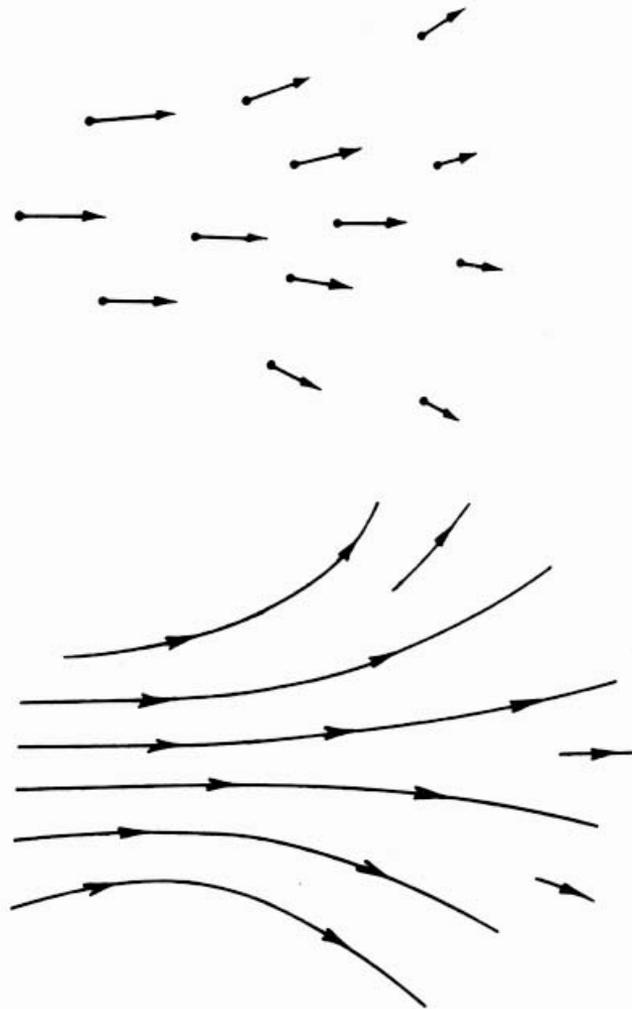


Fig. 1-2. Un campo vettoriale può essere rappresentato tracciando delle linee che sono tangenti alla direzione del campo vettoriale in ogni punto e prendendo la densità di queste linee proporzionale al modulo del campo.

Onde Elettromagnetiche

- Tutto l'elettromagnetismo si può derivare da 4 eleganti equazioni (equazioni di Maxwell) che riguardano i campi elettromagnetici
- Una delle situazioni previste dalle equazioni di Maxwell sono le onde elettromagnetiche che si propagano nel vuoto:

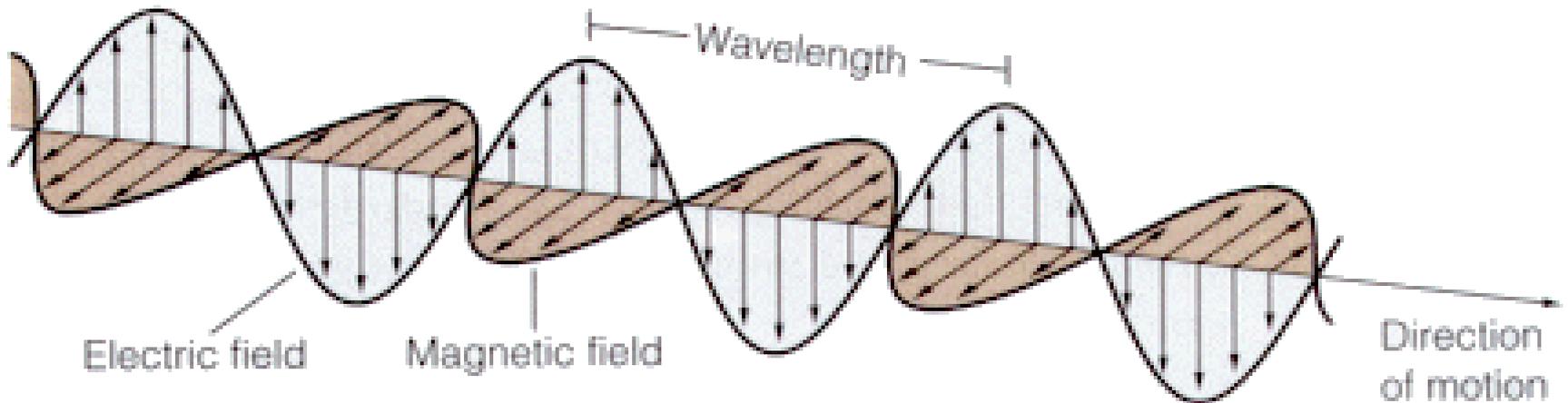
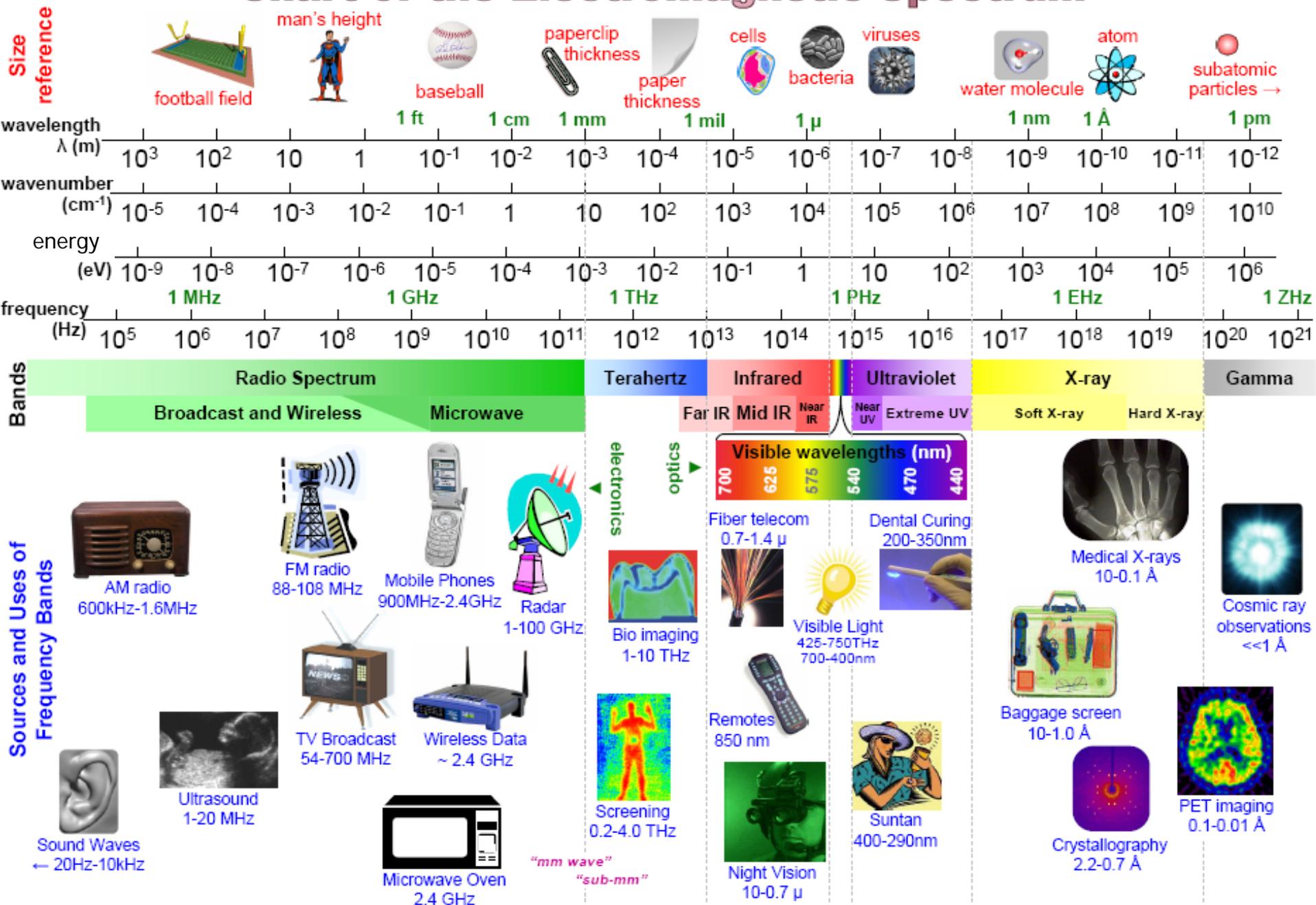


Chart of the Electromagnetic Spectrum



$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \times 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$

Dualismo Onda-Corpuscolo

- La radiazione elettromagnetica esibisce anche caratteristiche tipicamente corpuscolari (ad esempio urti).
- In meccanica quantistica si introduce il concetto di *fotone*, particella che rappresenta il quanto di radiazione elettromagnetica.
- Un'onda elettromagnetica di frequenza ν e lunghezza d'onda λ può essere vista come un fascio di fotoni, ciascuno di energia E e quantità di moto p , con

- $E = h\nu$

- $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

Velocità della luce nel vuoto

$$c = 299792458 \text{ m/s} \sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

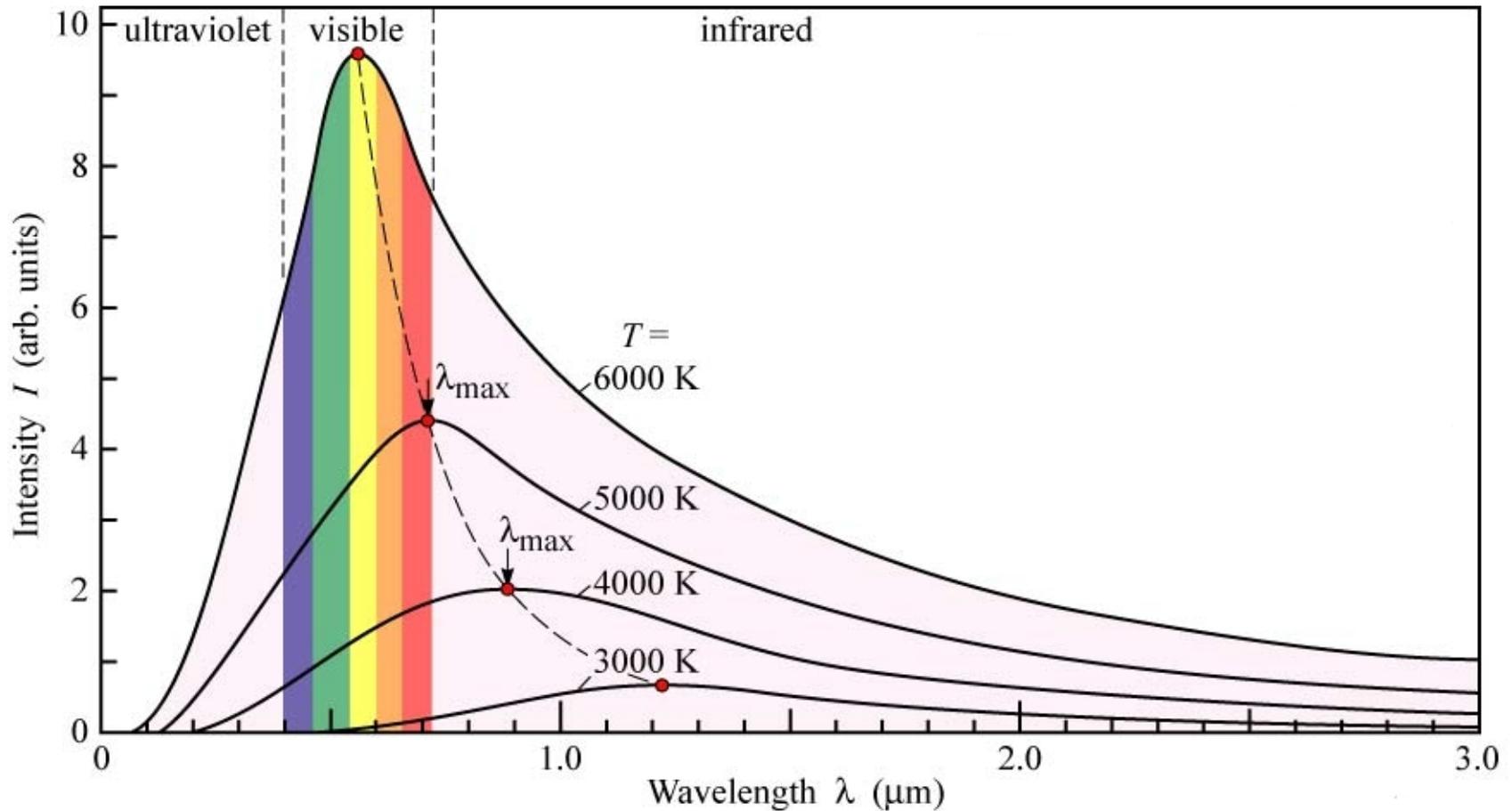
Costante di Planck

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

Legge di Wien

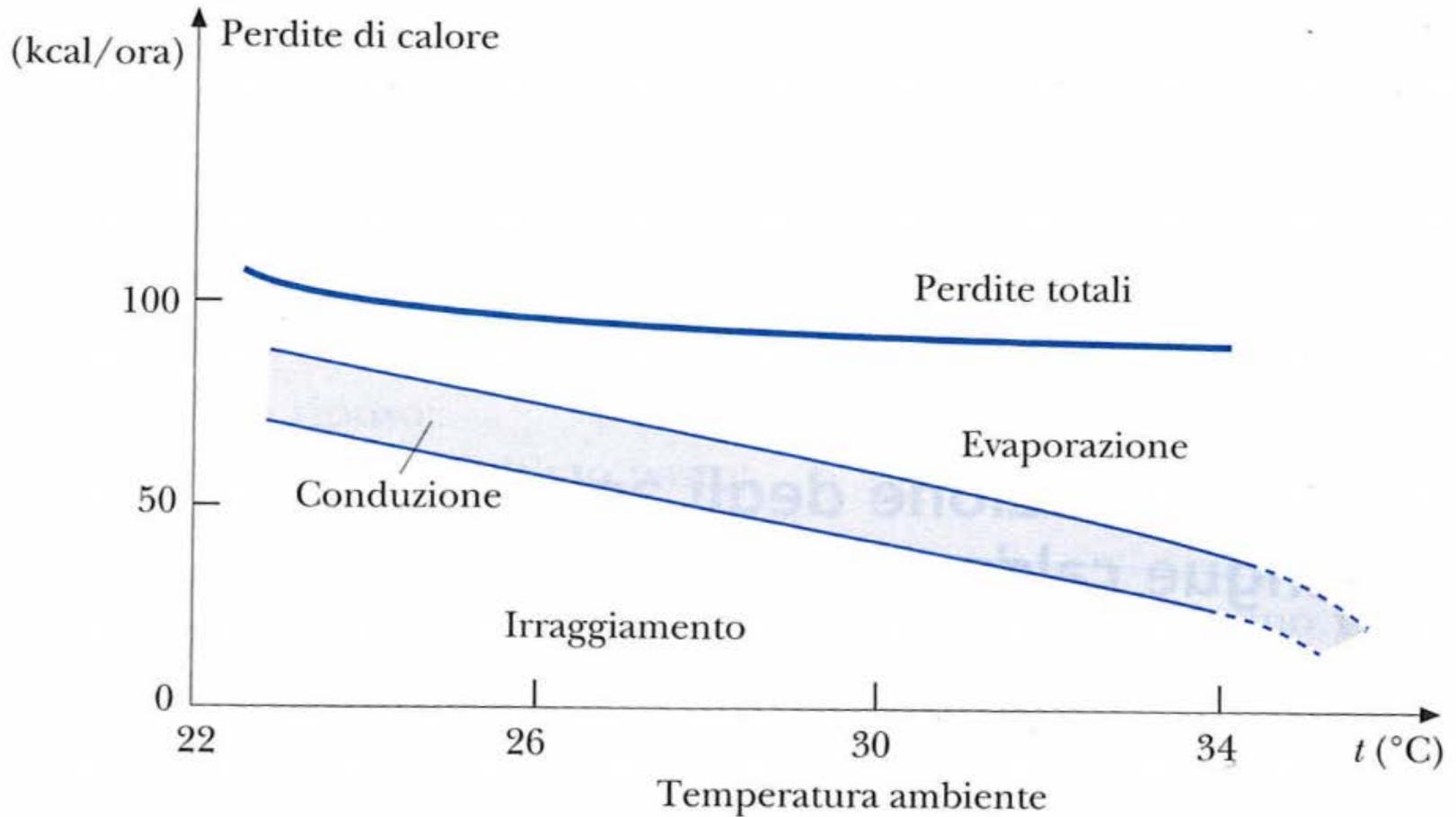
$$\lambda_{I_{max}} = \frac{0.29 \text{ cm K}}{T}$$



Termoregolazione nell'uomo

- La circolazione sanguigna permette di mantenere una temperatura corporea piuttosto omogenea di circa 37° C
- Un corpo a 37° C irraggia energia con picco a $\lambda_{I_{max}} \cong 9 \mu m$
- A temperature fresche (20° C) l'irraggiamento è il principale meccanismo di dissipazione del calore
- A temperature più elevate (30° C) l'irraggiamento diventa inefficace: i meccanismi più efficaci a queste temperature sono l'evaporazione del sudore e la respirazione (che comporta l'espulsione di evaporazione di vapore acqueo)
 - calore di evaporazione dell'acqua è di 580 cal/g
- In ambienti freddi la dissipazione del calore viene diminuita mediante vasocostrizione; al contrario in ambienti caldi viene aumentata mediante vasodilatazione

Termoregolazione nell'uomo



▲ **Figura 9.4** Valori indicativi della quantità di calore dissipata dal corpo umano mediante diversi meccanismi, in funzione della temperatura dell'ambiente esterno.