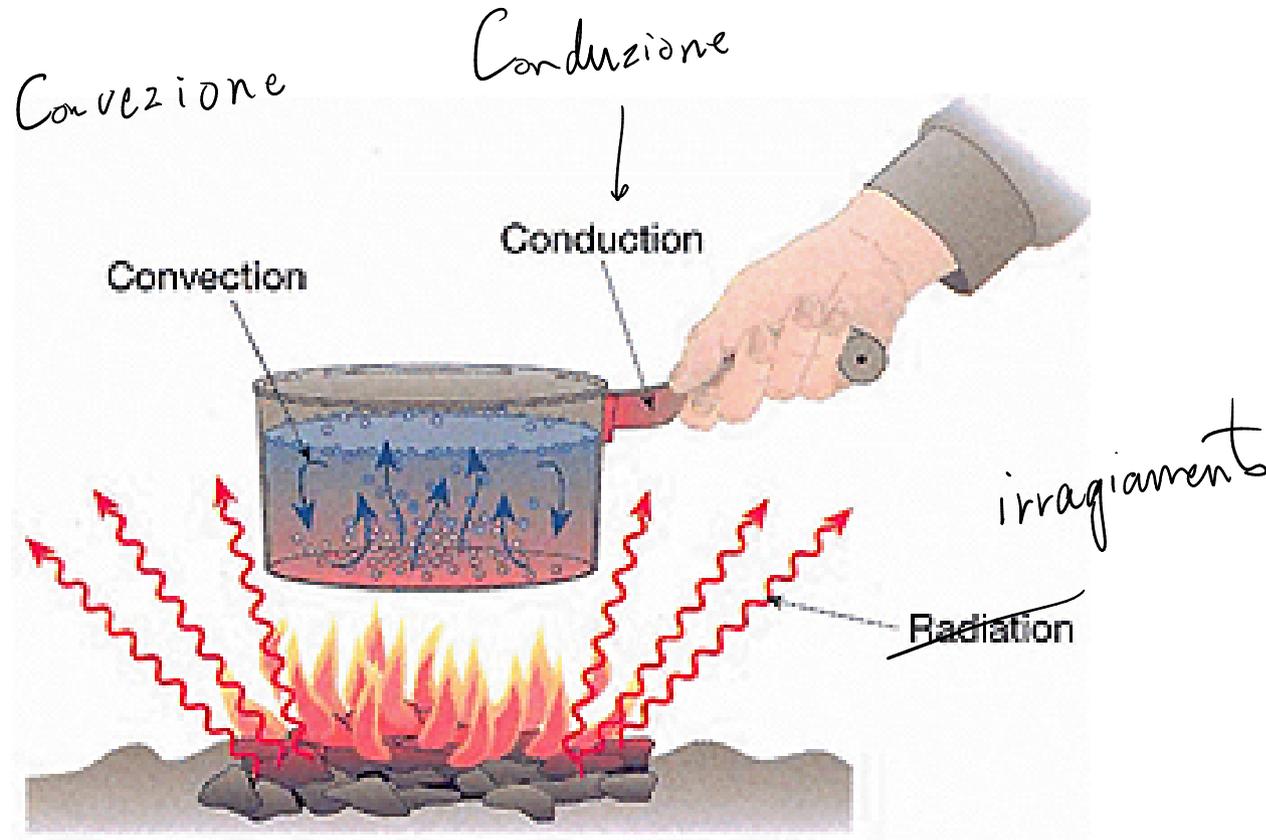


Introduzione alla fisica 261SM Meccanismi di trasmissione del calore

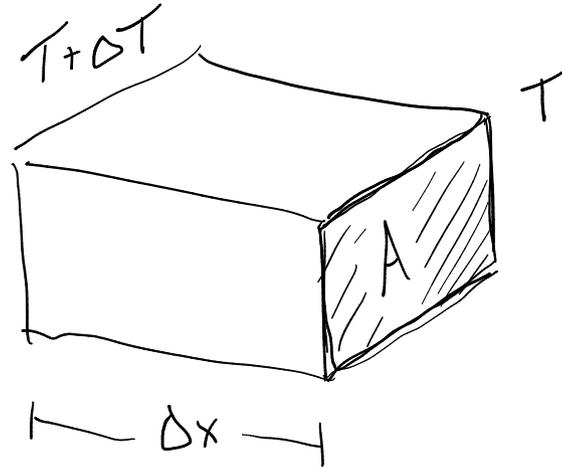
Prof. Pierre Thibault
pthibault@units.it



Trasmissione del calore



Conduzione termica



$$\frac{dQ}{dt} = -k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

↑
conduttività
termica

$$\frac{dQ}{dt} = -k A \frac{\partial T}{\partial x}$$

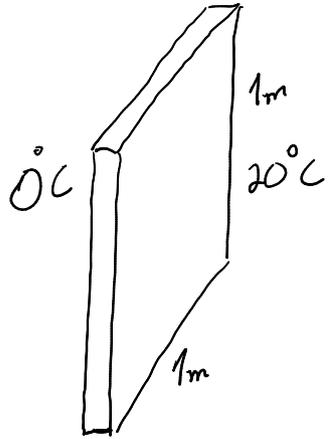
Avolte: $\frac{dQ}{dt} / A = J$ flusso di calore

$$J_x = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$\vec{J} = -k \nabla T$$

Unità di k : $\frac{W}{m \cdot K}$ o $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

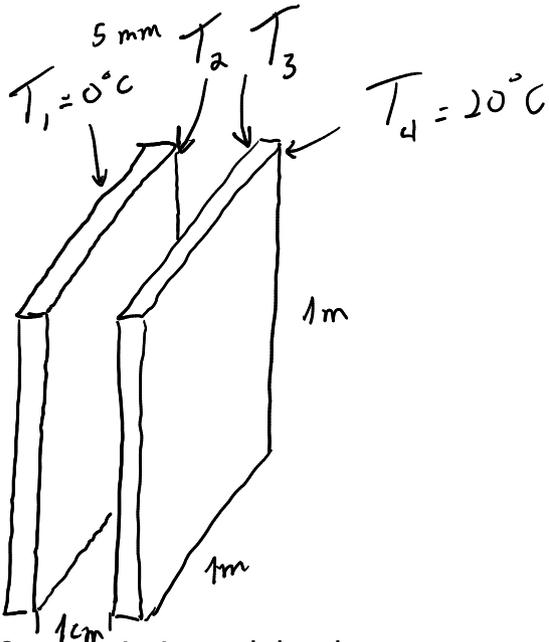
Esempio: una finestra



$$K_{\text{vetro}} = 0,8 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$K_{\text{aria}} = 0,024 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

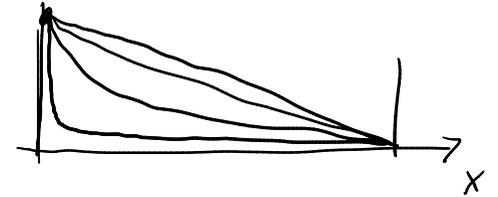
$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} = -K A \frac{\partial T}{\partial x} = -\left(0,8 \frac{\text{W}}{\text{mK}}\right) \cdot 1\text{m}^2 \frac{20\text{K}}{0,005\text{m}} = -3,2 \text{ kW}$$



$$\dot{Q} = K_{12} A \frac{\Delta T_{12}}{\Delta x_{12}}$$

$$\dot{Q} = K_{23} A \frac{\Delta T_{23}}{\Delta x_{23}}$$

$$\dot{Q} = K_{34} A \frac{\Delta T_{34}}{\Delta x_{34}}$$



Esempio: una finestra

$$T_2 - T_1 = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{\Delta x_{12}}{K_{12}}$$

$$T_3 - T_2 = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{\Delta x_{23}}{K_{23}}$$

$$+ \quad T_4 - T_3 = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{\Delta x_{34}}{K_{34}}$$

$$\overbrace{T_4 - T_1} = \frac{\dot{Q}}{A} \underbrace{(R_{12} + R_{23} + R_{34})}_{R_{tot}}$$

$$\dot{Q} = \frac{A}{R_{tot}} (T_4 - T_1) = 46 \text{ W}$$

$$R = \frac{\Delta x}{K} \quad \text{resistenza termica}$$

$$R_{12} = \frac{5 \text{ mm}}{K_{\text{vetro}}} = R_{34} = 6,25 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{23} = \frac{1 \text{ cm}}{K_{\text{aria}}} = 0,42 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{tot} = 0,43 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

Irraggiamento

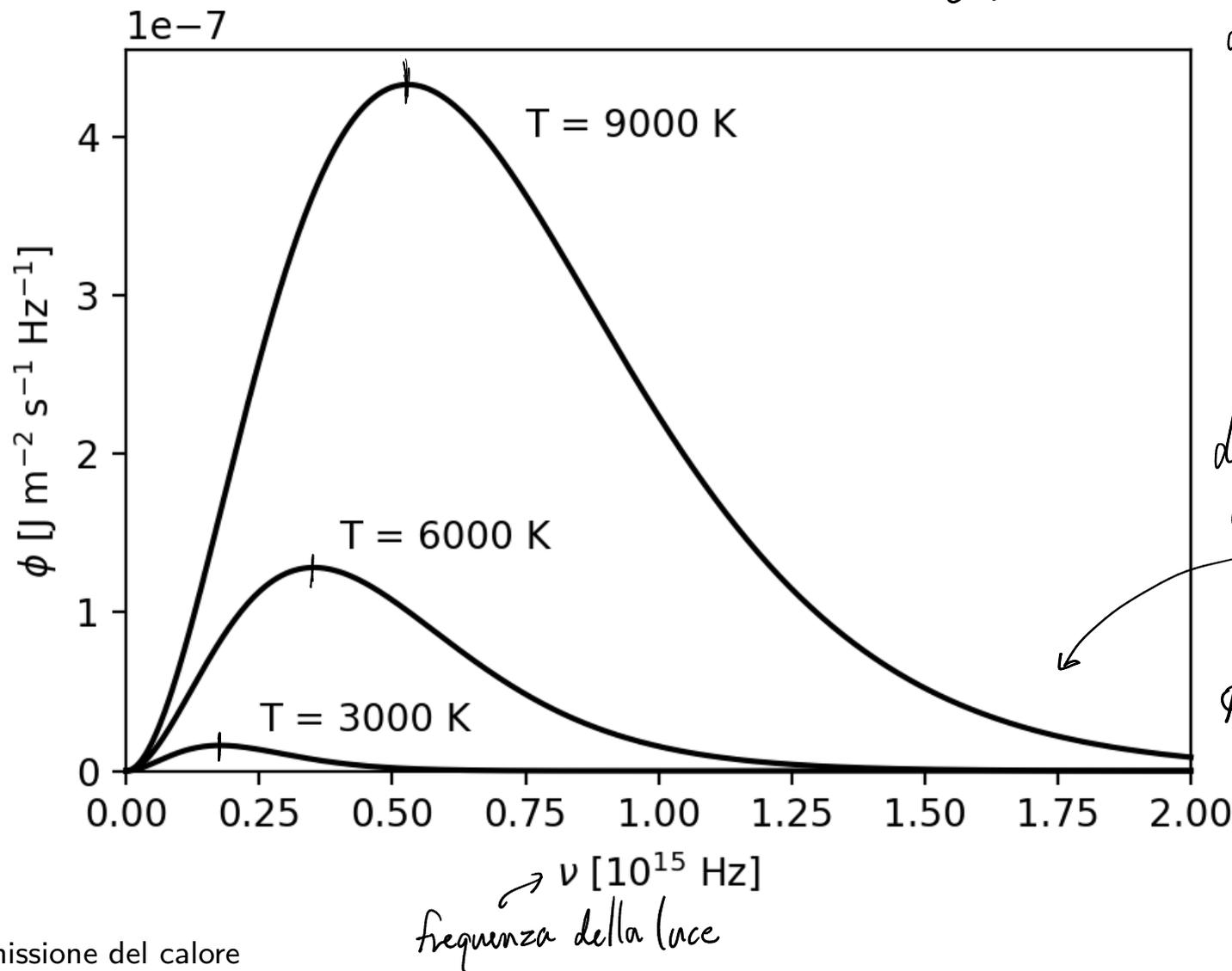


camera infrarossa



Corpo nero

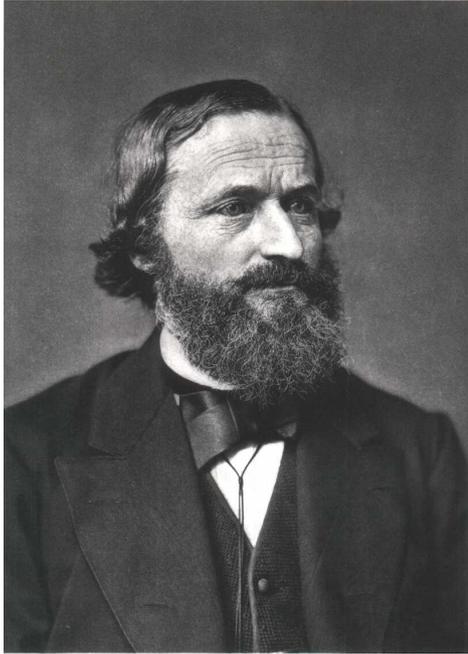
= corpo ideale che emette
e assorbe tutte le frequenze
di luce



distribuzione
di Planck

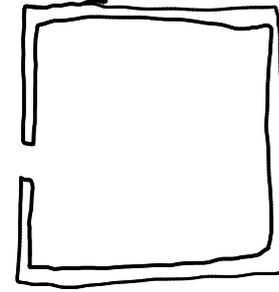
$$\phi(\nu) = \frac{2\pi h}{c^2} \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

Corpo nero

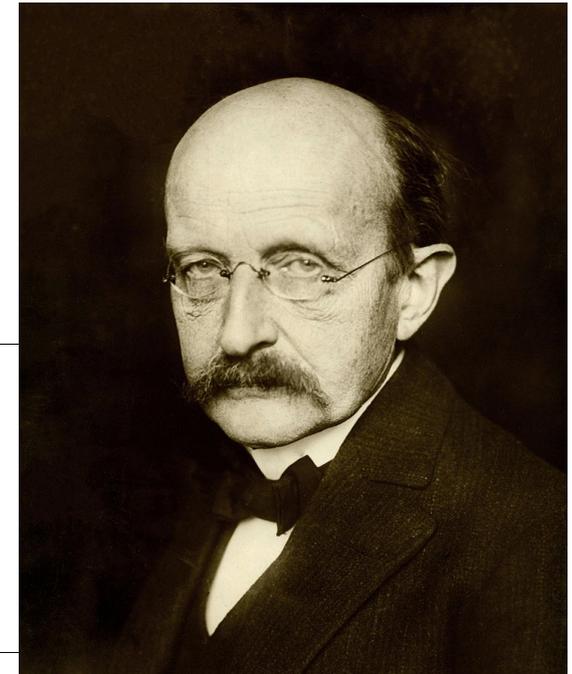


Gustav Robert Kirchhoff
(1824-1887)

- Concetto di corpo nero
- Cavità come un corpo nero ideale
- Dimostò che lo spettro del corpo nero è una funzione universale che dipende solo dalla temperatura

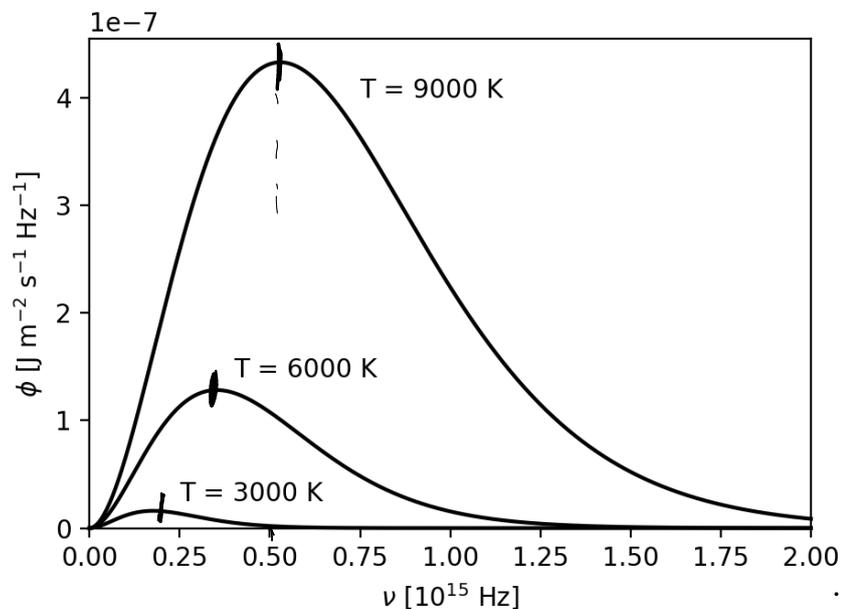


- Trovò la distribuzione dello spettro e la spiegò con una quantizzazione del campo elettromagnetico



Max Planck
(1858-1947)

Corpo nero



* posizione del massimo:

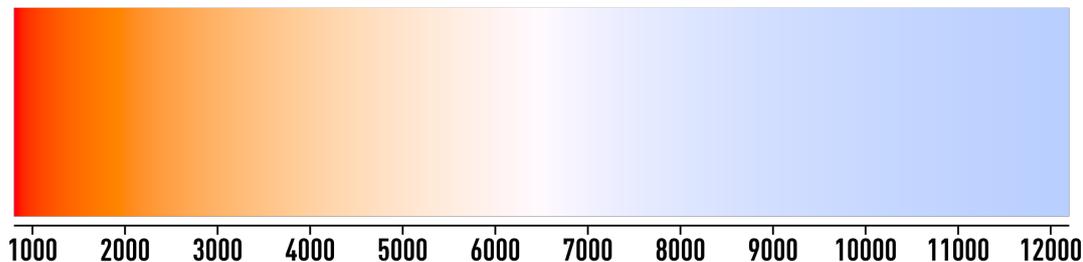
$$\text{Legge di Wien: } \nu_{\text{max}} \approx 2,82 \frac{k_B T}{h}$$

$$= \left(5,87 \times 10^{10} \frac{\text{Hz}}{\text{K}} \right) \cdot T$$

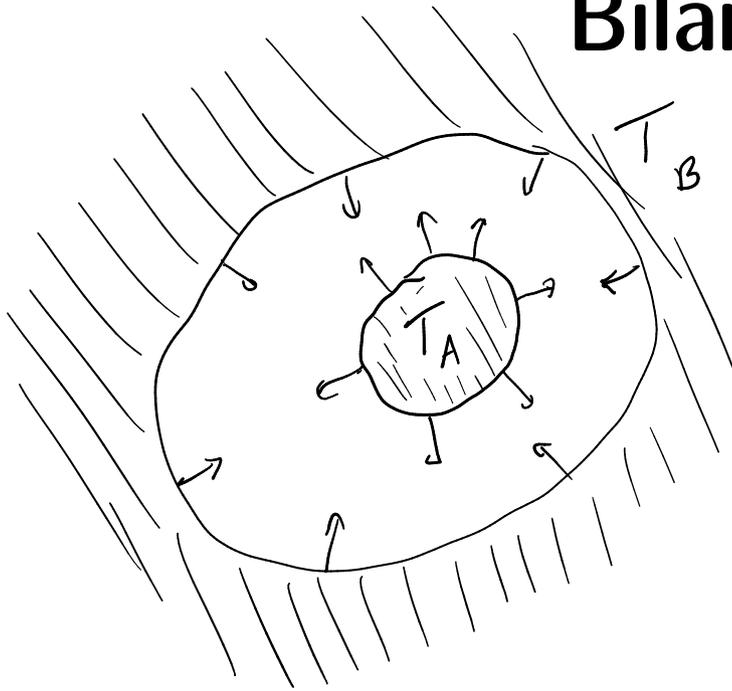
* flusso totale (area sotto la curva)

$$\text{Legge di Stefan-Boltzmann: } F = \sigma T^4$$

$$\sigma \approx 5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$



Bilancio energetico



Calore emesso da A

$$\frac{dQ_A}{dt} = S_A \sigma T_A^4$$

Calore assorbito da A

$$\frac{dQ_B}{dt} = S_A \sigma T_B^4$$

$$\text{Calore netto assorbito} = \frac{dQ_B}{dt} - \frac{dQ_A}{dt} = S_A \sigma (T_B^4 - T_A^4)$$

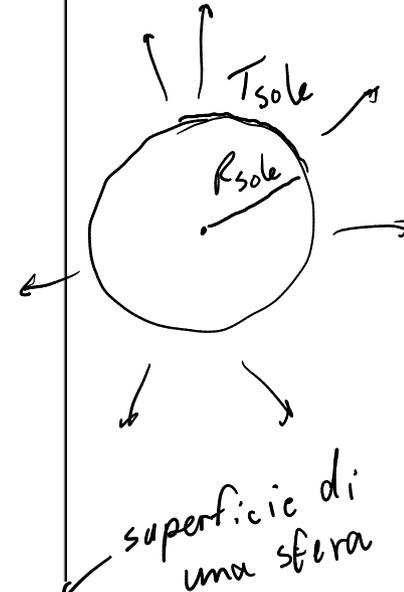
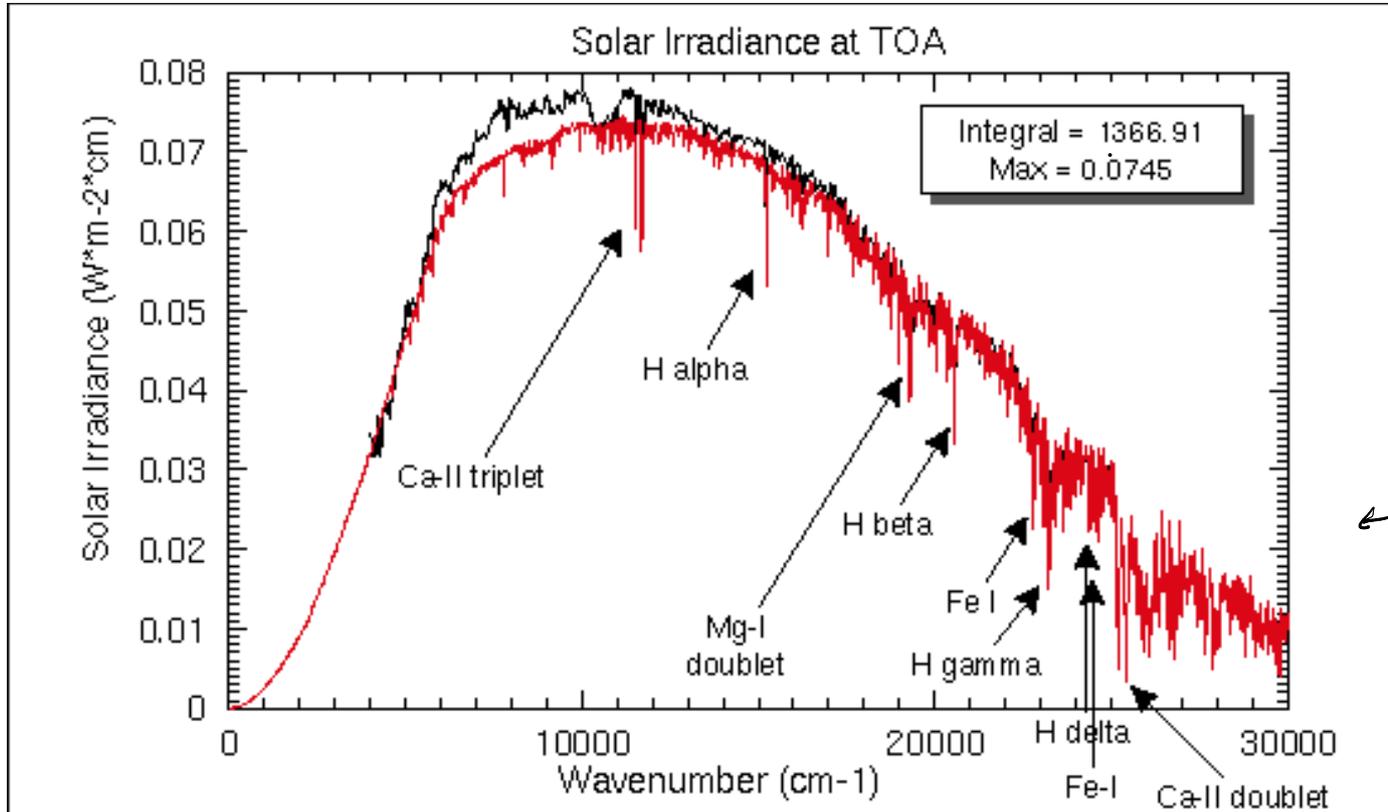
Corpo umano: $S \approx 2 \text{ m}^2$
 $T = 36^\circ \text{C}$

$$\dot{Q} \approx 1 \text{ kW}$$

← molto troppo alto!
dobbiamo considerare

l'irraggiamento dall'ambiente
verso il corpo
 $\dot{Q}_{\text{netto}} \approx 150 \text{ W}$

Esempio 1: irraggiamento solare



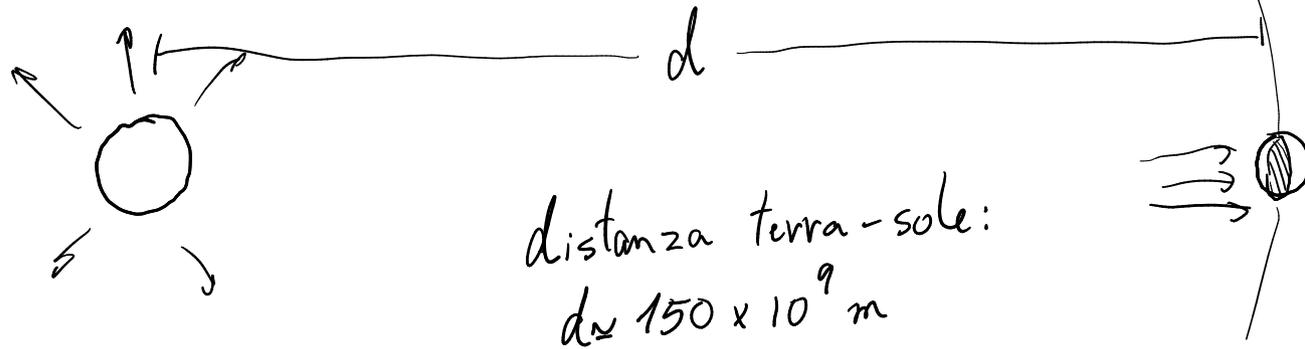
$$T_{sole} \approx 5477 \text{ K}$$

$$R_{sole} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$$

potenza: $4\pi R_s^2 \sigma T_s^4$

$$P_s = 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$$

Esempio 2: temperatura media della Terra



calore assorbito dalla terra: $\frac{\pi R_t^2}{4\pi d^2} P_s = 1.73 \times 10^{17} \text{ W} = P_t$
(senza considerare che una parte della luce è riflessa)

$$P_t = 4\pi R_t^2 \sigma T_t^4 \Rightarrow T_t = \sqrt[4]{\frac{P_t}{4\pi R_t^2 \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{P_s}{16\pi d^2 \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{R_s^2 T_s^4}{4d^2}}$$

$$T_t = 278 \text{ K} \approx 5^\circ \text{C} = \sqrt{\frac{R_s}{2d}} T_s$$

Esempio 3: Radiazione cosmica di fondo

