A. PARRETTA

CORSO DI OTTICA APPLICATA

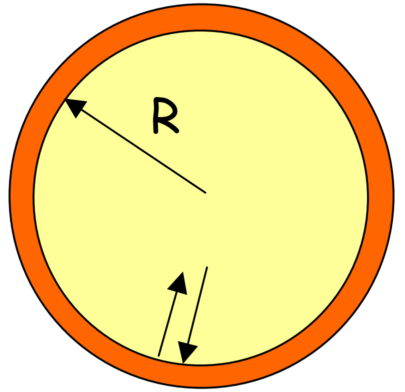
A.A. 2011-2012

SORGENTI ASSOLUTE DI RADIAZIONE

Sorgenti di radiazione assolute …

Radiatore di Planck o Corpo Nero (Black Body)

SORGENTI ASSOLUTE DI RADIAZIONE



Corpo Nero (Black Body)

Un corpo nero è un radiatore Lambertiano, per cui la sua emettenza spettrale è:

$$M_\lambda(T) = \pi \cdot L_\lambda(T)$$

$$\boxed{M_\lambda(T) = \frac{2\pi h c^2}{n^2 \lambda^5 (e^{(hc/n\lambda kT)} - 1)}}$$

Legge di Planck per la radianza spettrale:

$$\boxed{L_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{n^2 \lambda^5 (e^{(hc/n\lambda kT)} - 1)}}$$

Radianza spettrale in W/m² sr μm:

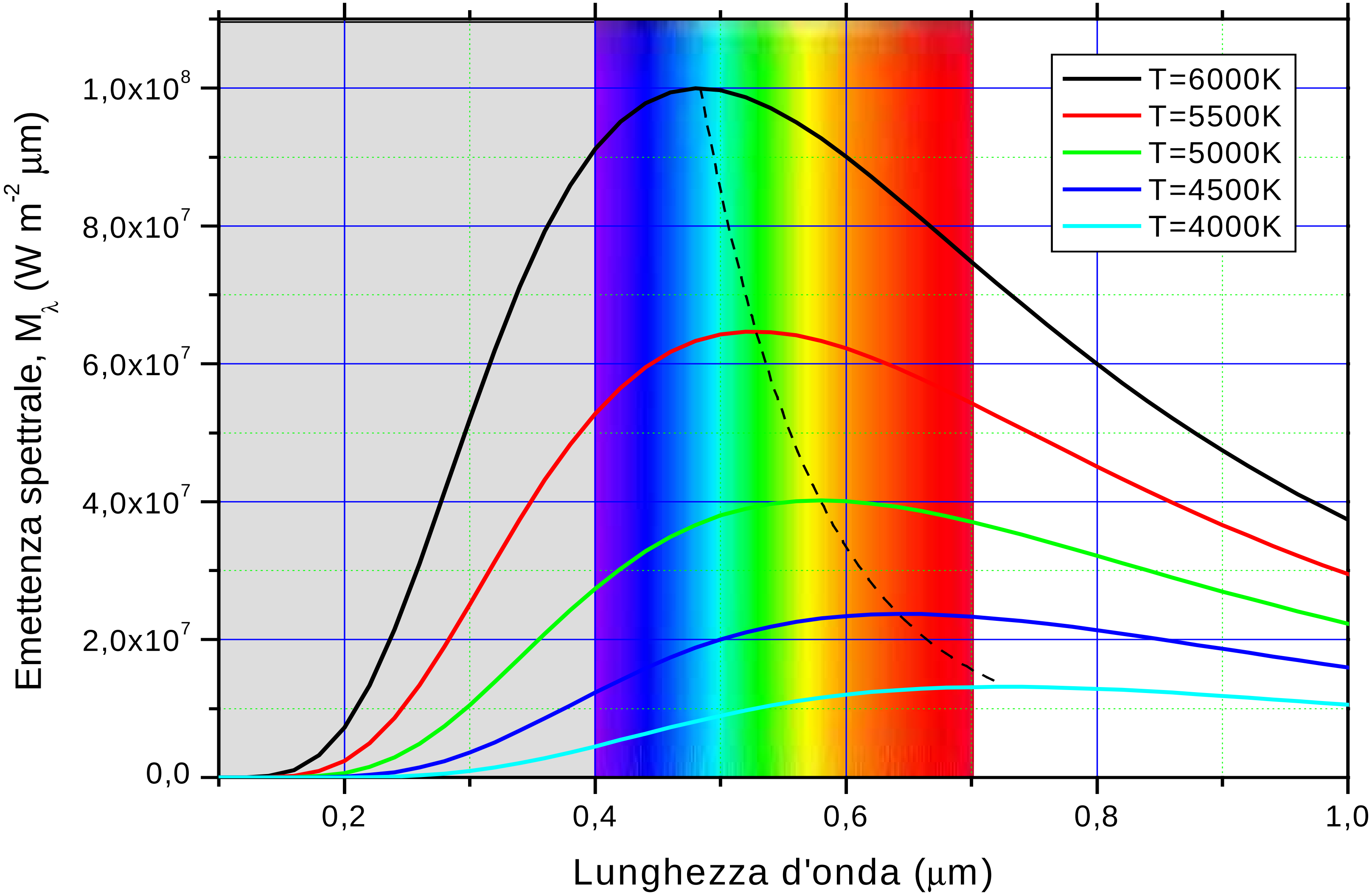
$$L_\lambda(T) = \frac{C_1}{n^2 \lambda^5 (e^{(C_2/n\lambda T)} - 1)}$$

Emettenza spettrale in W/m² μm:

$$M_\lambda(T) = \frac{\pi \cdot C_1}{n^2 \lambda^5 (e^{(C_2/n\lambda T)} - 1)}$$

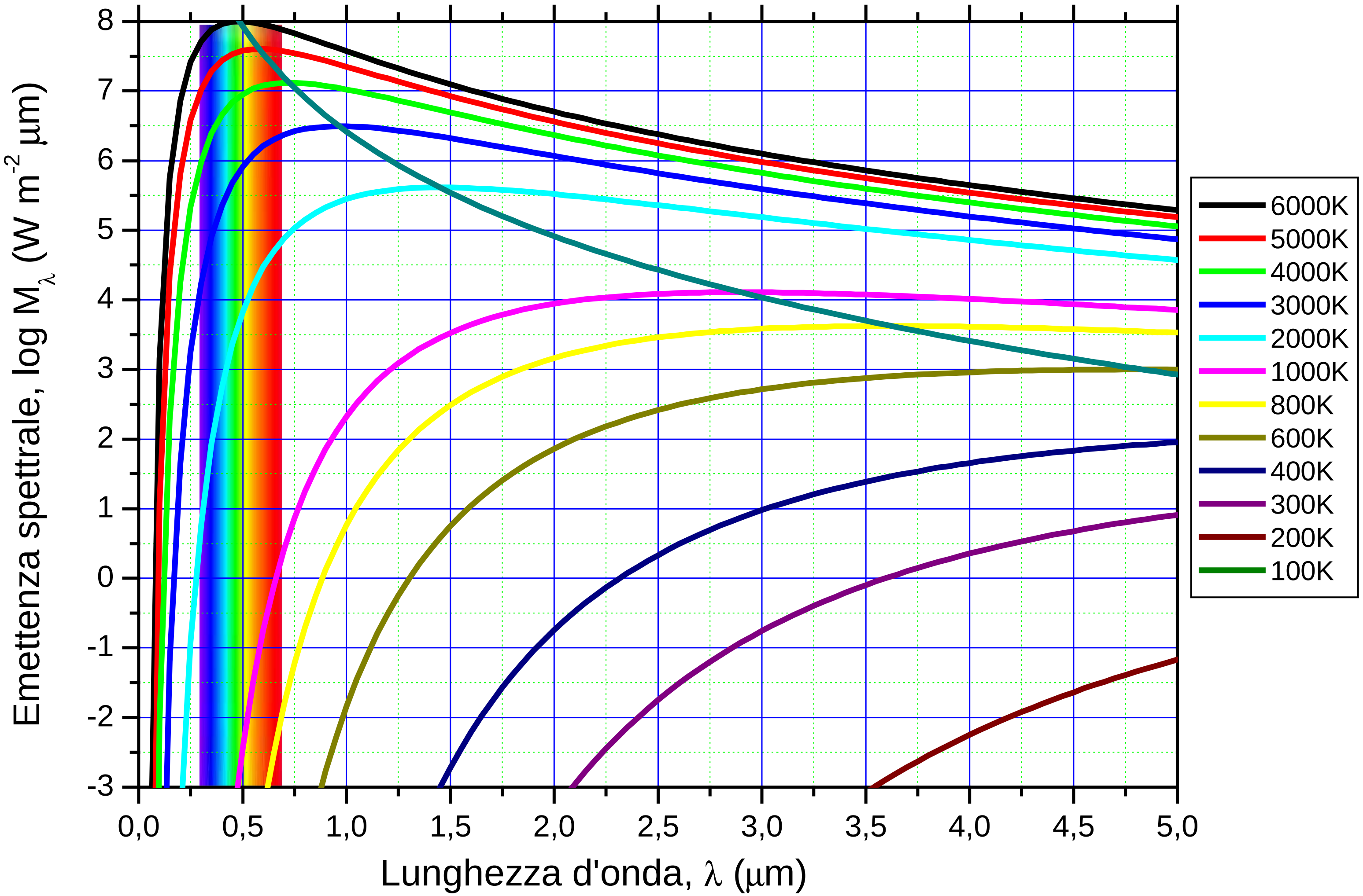
$$\begin{cases} C_1 = 1.191 \cdot 10^8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ μm}^4 \\ C_2 = 1.439 \cdot 10^4 \text{ μm K} \end{cases}$$

RADIAZIONE DI CORPO NERO



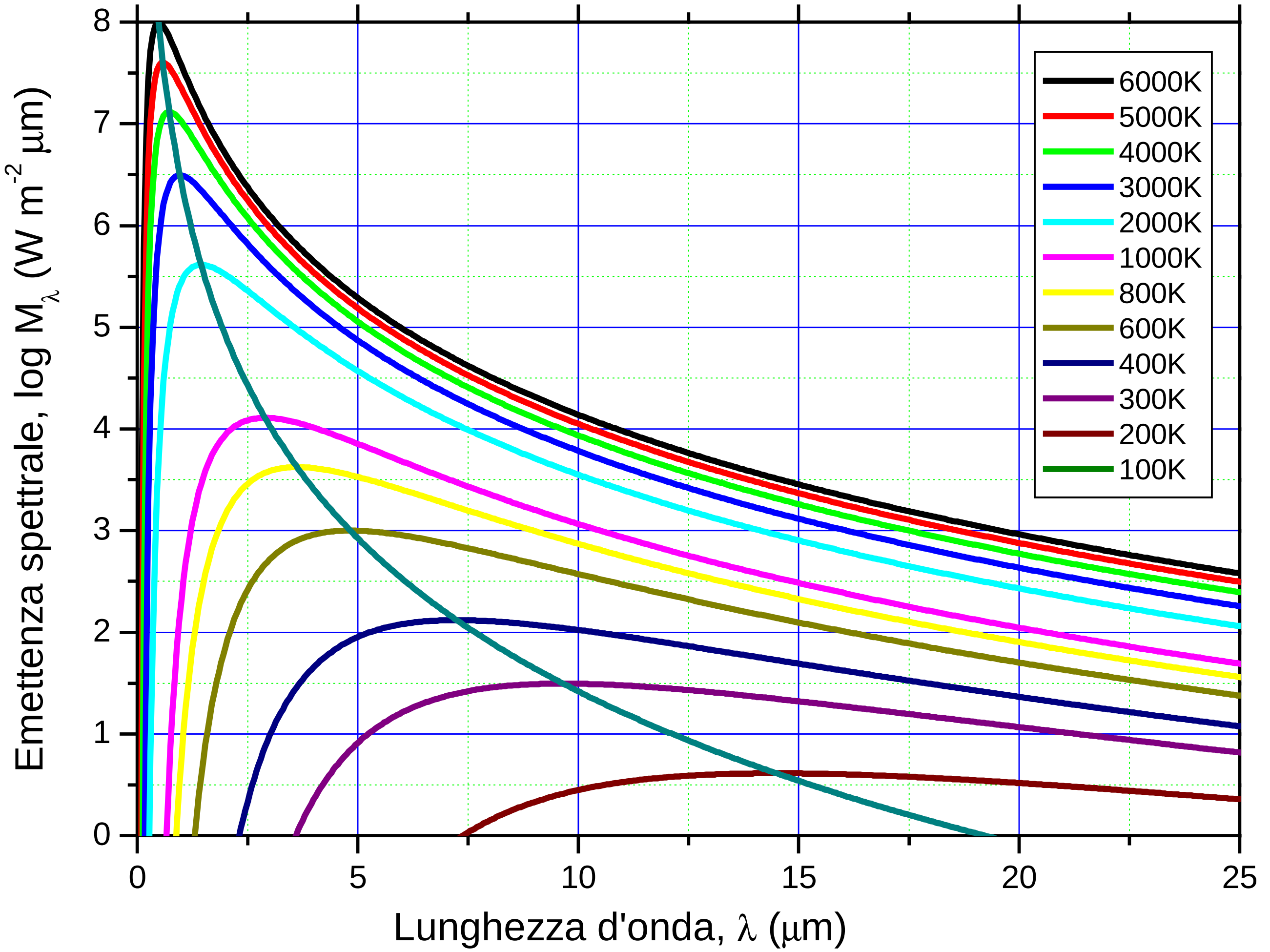
Legge di Wien dello spostamento: $\boxed{n\lambda_{max} T = 2897.8 \ \mu\text{m K}}$

RADIAZIONE DI CORPO NERO



Legge di Wien dello spostamento: $\boxed{n\lambda_{max} T = 2897.8 \ \mu m \ K}$

RADIAZIONE DI CORPO NERO



Legge di Wien dello spostamento: $\boxed{n\lambda_{\max}T = 2897.8 \ \mu\text{m K}}$

RADIAZIONE DI CORPO NERO

La radianza spettrale del corpo nero si può anche esprimere in numero di fotoni s^{-1} m^{-2} sr^{-1} μm^{-1} :

$$N_{\lambda}(T) = \frac{2c}{n\lambda^4 (e^{(hc/n\lambda kT)} - 1)}$$

In tal caso la legge dello spostamento di Wien diventa:

$$n\lambda_{max} T = 3670 \ \mu\text{m K}$$

La radianza spettrale del corpo nero si può anche esprimere in numero di fotoni s^{-1} m^{-2} sr^{-1} Hz^{-1} :

$$N_{\nu}(T) = \frac{2n^2 \nu^2}{c^2 (e^{(h\nu/kT)} - 1)}$$

In tal caso la legge dello spostamento di Wien diventa:

$$\frac{T}{\nu_{max}} = 1701 \cdot 10^{-11} \ \text{K Hz}^{-1}$$

RADIAZIONE DI CORPO NERO

Integrando la legge di Planck sull'intervallo di λ o ν
si ottiene la **legge di Stefan-Boltzmann:**

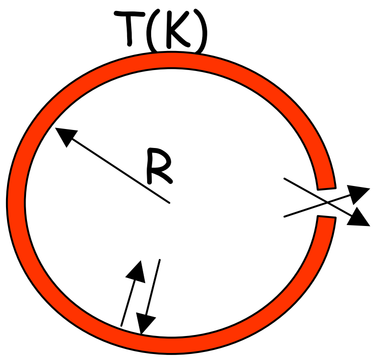
Radianza totale in W/m^2 sr: $$\boxed{L = 1.805 \cdot 10^{-8} \cdot n^2 \cdot T^4}$$

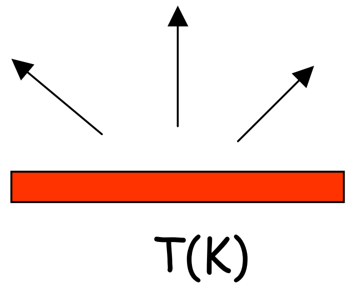
Flusso totale in W/m^2: $$\boxed{M = \pi \cdot L = n^2 \cdot \sigma \cdot T^4 = n^2 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4}$$

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \ \mathrm{W / m^2 \ K^4}$$ Costante di Stefan Boltzmann

Flusso totale in fotoni s^{-1} m^{-2} sr^{-1} : $$\boxed{N = 4.839 \cdot 10^{14} \ n^2 \cdot T^3}$$

BLACK BODY SIMULATOR





Per un corpo con emissività ε:

$$\boxed{M = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot T^4}$$

Legge di Kirchhoff:
"Il potere assorbente di un materiale è uguale al suo potere emissivo".
"Se un corpo è in equilibrio col campo radiativo, l'assorbimento di radiazione da un elemento della superficie per una certa λ, una certa polarizz.ne, una certa direzione, un certo angolo solido, è uguale all'emissione di quella stessa radiazione".

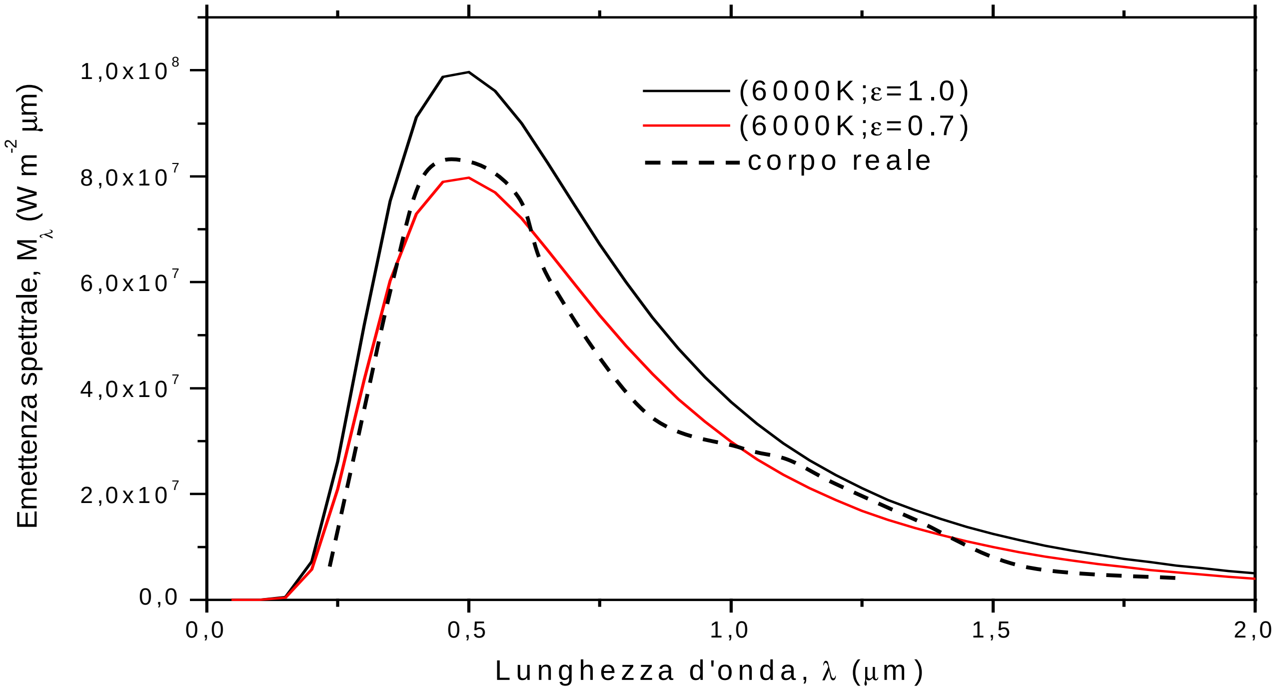
$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

Equilibrio radiativo: $\alpha = \varepsilon \quad \rightarrow \quad 1 = \rho + \varepsilon + \tau$

Corpo opaco: $\tau = 0 \quad \rightarrow \quad \varepsilon = 1 - \rho$

CORPO GRIGIO

Per corpo grigio s'intende un corpo che emette, alla temperatura T, come un corpo nero ma con intensità più bassa e in rapporto costante alle varie lunghezze d'onda.



Corpo grigio: $1 > \varepsilon = \cos t$

Corpo reale: $1 > \varepsilon = f(\lambda)$

ESERCIZI

Esercizio 1

Sapendo che l'irraggiamento medio al di fuori dell'atmosfera terrestre è di 1367 W/m^2, calcolare la temperatura superficiale del sole nell'ipotesi che esso sia assimilabile ad un corpo nero. Calcolare inoltre il valore massimo di emettenza spettrale e la corrispondente lunghezza d'onda nell'ipotesi che la forma dello spettro sia assimilabile ad un triangolo con una base di 1.5 μm.

($T=5768$ K; $M_\lambda(max)=8.369\cdot10^7$ $W/m^2\cdot\mu m$; $\lambda_{max}=0.502$ μm)

Esercizio 2

Un blocco di acciaio è portato vicino al punto di fusione ($T=1425$ °C) e si manifesta di un colore giallo-rosso.
Il blocco espone una sua faccia di area 100 cm^2 ad un osservatore posto a 1m di distanza e munito di luxmetro.
Valutare approssimativamente l'illuminamento misurato dall'osservatore, ipotizzando che l'acciaio si comporti come un corpo nero ($\varepsilon=1$).

($E_v \approx 917$ lux)

ESERCIZI

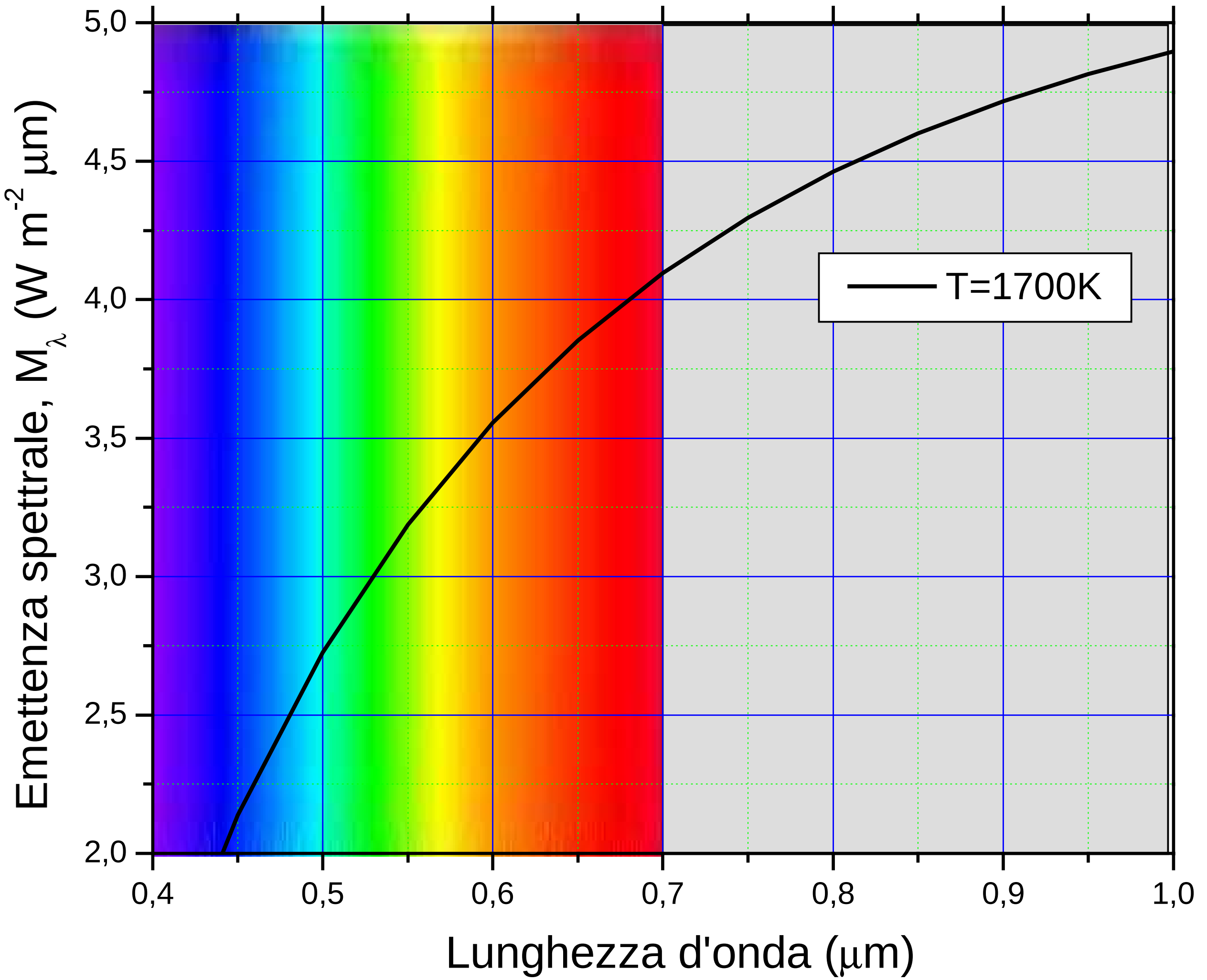
Esercizio n. 3

Valutare la temperatura cui deve essere portato un corpo nero affinchè esso possa produrre, nell'intervallo spettrale 550-700 nm (giallo-rosso), una luminanza pari al limite superiore della visione scotopica (10^{-2} cd/m2).
Valutare la temperatura cui deve essere portato lo stesso corpo nero affinchè esso possa produrre nello stesso intervallo una luminanza pari al limite inferiore della visione scotopica (10^{-6} cd/m2).

Esercizio n. 4

Ricavare la legge dello spostamento di Wien quando la radianza spettrale del corpo nero è espressa in numero di fotoni s^{-1} m^{-2} sr^{-1} μm^{-1} e quando è espressa in numero di fotoni s^{-1} m^{-2} sr^{-1} Hz^{-1}.

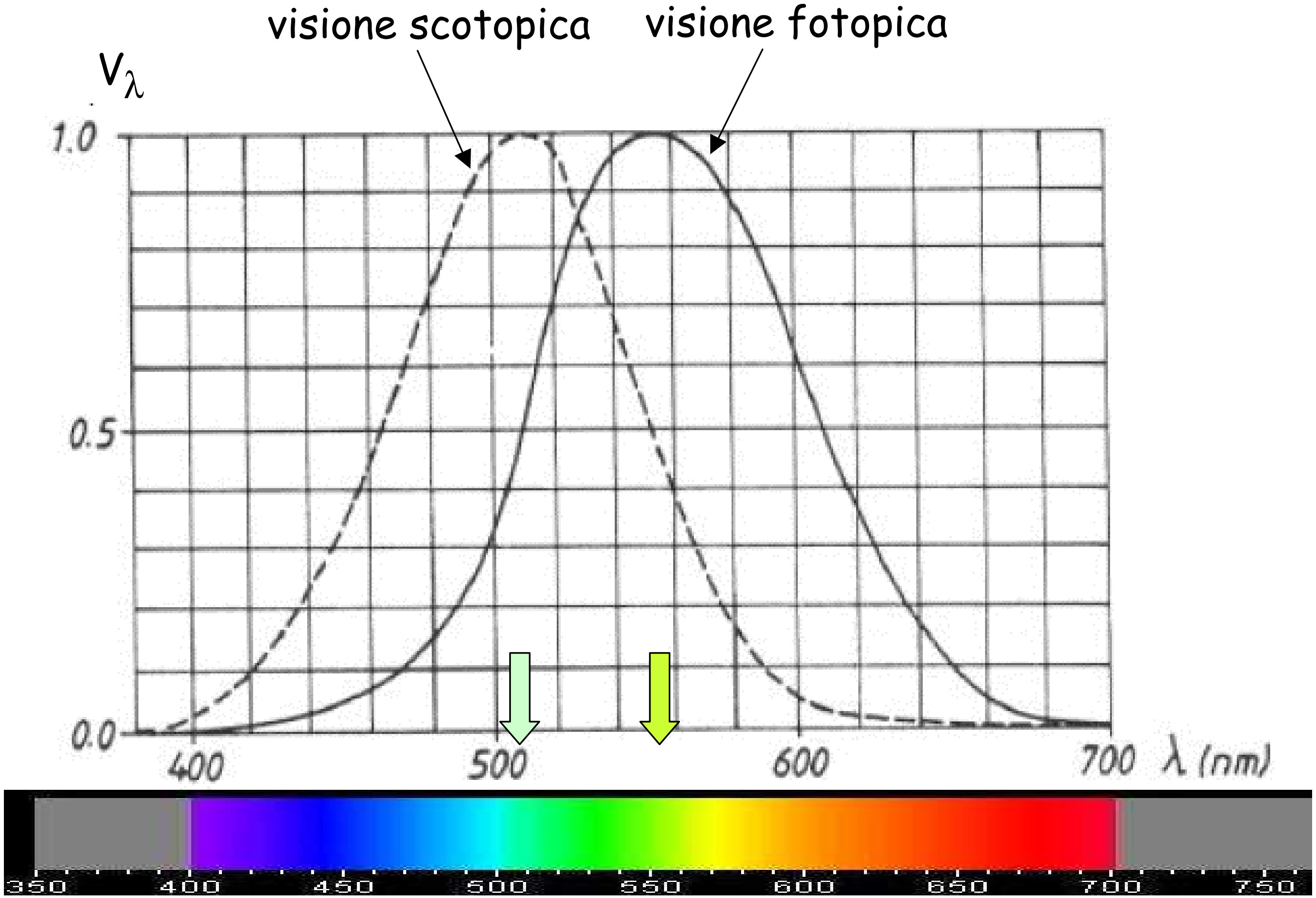
ESERCIZI



5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
T=1700K
Emettenza spetrale, M_λ (W m^{-2} µm)
Lunghezza d'onda (µm)

ESERCIZI

Nel caso della visione scotopica, il massimo della sensibilità dell'occhio si sposta a λ=0.507 μm (verde-azzurro) (effetto Purkinje).



ESERCIZI

Flusso luminoso Φ_v (lumen) definito come:

VISIONE FOTOPICA

$$\Phi_v = K_m \cdot \int_\lambda \mathrm{d}\lambda \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_\lambda$$

$V(\lambda)$ = funzione di efficienza spettrale (spectral efficiency function)
K_m = efficacia luminosa (luminous efficacy) definita a λ_m = 0.555 μm

$$K_m = 683 \cdot \frac{V(\lambda_m)}{V(0.555\,\mu\mathrm{m})} = 683\,\mathrm{lm/W}$$

Flusso luminoso Φ'_v (lumen) definito come:

VISIONE SCOTOPICA

$$\Phi'_v = K'_m \cdot \int_\lambda \mathrm{d}\lambda \cdot V'(\lambda) \cdot \Phi_\lambda$$

$V'(\lambda)$ = funzione di efficienza spettrale (spectral efficiency function)
K'_m = efficacia luminosa (luminous efficacy) definita a λ_m = 0.507 μm

$$K'_m = 683 \cdot \frac{V'(\lambda_m)}{V'(0.555\,\mu\mathrm{m})} = 1700\,\mathrm{lm/W}$$