

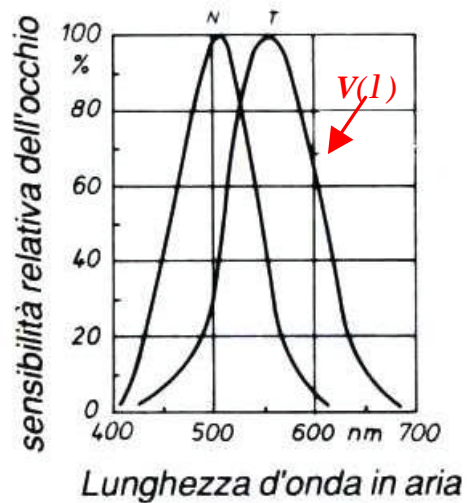
10. Fotometria – I^a parte

La sensibilità dell'occhio

La luce *visibile* corrisponde a una ristretta banda di lunghezze d'onda nello spettro elettromagnetico fra 380 nm (violetto) e 750 nm (rosso).

L'occhio non ha la stessa sensibilità a tutte le lunghezze d'onda, e la sensibilità dipende anche dall'intensità della radiazione:

- in condizioni di *alta intensità* si ha il regime *fotopico*: la luce è percepita principalmente dai coni al centro della retina, la *sensibilità relativa* $V(I)$ è data dalla curva T della figura e ha il massimo a 555 nm;
- in condizioni di *bassa intensità* si ha il regime *scotopico*: la luce è percepita principalmente dai bastoncelli al bordo della retina, la sensibilità relativa è data dalla curva N della figura e ha il massimo a 507 nm



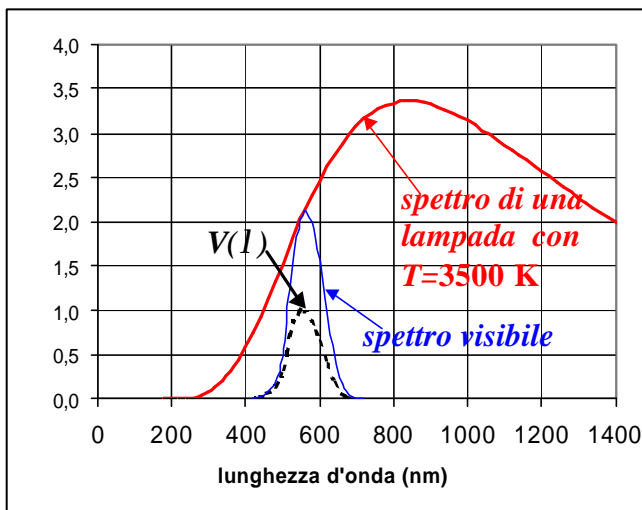
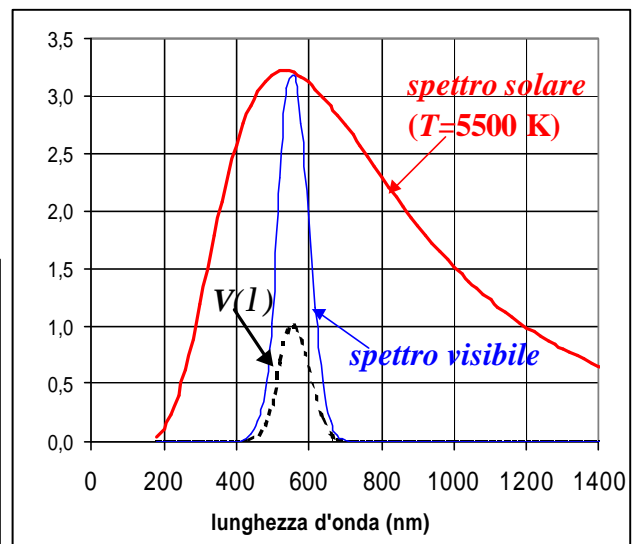
Flusso luminoso

È la parte del flusso di radiazione che è visibile.

Si ottiene moltiplicando lo spettro di energia irradiata per la curva di sensibilità dell'occhio, cioè per la funzione $V(I)$.

Solo una piccola parte del flusso irradiato da una sorgente "calda" è visibile.

Nella figura a destra, ad esempio, si osserva lo spettro irradiato dal Sole e filtrato dall'atmosfera terrestre ("temperatura di colore" 5500 K). La frazione di flusso nel visibile è circa il 13%.



Nella figura a sinistra si osserva lo spettro irradiato da una lampada con "temperatura di colore" di 3500 K. La frazione di flusso nel visibile è circa il 3%, perché la maggior parte dell'energia finisce nell'IR.

Con una lampada di questo tipo, per ogni 100 W di potenza irradiata, si hanno solo 3 W_{lum}, cioè 3W di potenza visibile. Esistono però “lampade fredde”, come le lampade a gas, che hanno una *efficienza luminosa* molto migliore, cioè emettono molto più flusso radiante nel visibile. L’unità di misura del flusso luminoso è il *lumen* (simbolo lm): 1 W_{lum} equivale a 683 lm.

Intensità luminosa

È la grandezza corrispondente nel visibile all’intensità di radiazione, cioè è il flusso luminoso emesso in un angolo solido pari a 1 sr.

L’unità di misura dell’intensità luminosa è la *candela* (simbolo cd): 1 cd è un flusso luminoso di 1 lm emesso in un angolo solido di 1 steradiano.

$$1\text{cd} = \frac{1\text{lm}}{1\text{sr}} \quad (1)$$

La candela è una unità di misura *fondamentale* del SI: inizialmente esisteva effettivamente una “candela campione”, ora è l’intensità di luce emessa in direzione perpendicolare da una superficie che è 1/60 cm² alla temperatura di fusione del platino (2042 K).

Luminanza

È il flusso luminoso emesso da una superficie di area unitaria (1 m²) della sorgente entro un angolo solido di 1 sr in direzione perpendicolare alla superficie.

È importante per le *sorgenti estese*, perché dà un’idea di quanto concentrata è la sorgente.

Si misura in cd/m².

Tipiche luminanze

Sole	10 ⁹ cd/m ²
Faro di automobile (abbagliante)	10 ⁷ cd/m ²
Strada nel sole di mezzogiorno	10 ⁵ cd/m ²
Cielo diurno	10 ⁴ ÷ 10 ⁶ cd/m ²
Lampada fluorescente	10 ³ ÷ 10 ⁵ cd/m ²
Luna piena	10 ³ ÷ 10 ⁴ cd/m ²
Minimo per visione fotopica	10 cd/m ²
Minimo per visione scotopica	0,01 cd/m ²
Illuminazione stradale	1 cd/m ²
Cielo notturno con luna piena	0,01 cd/m ²
Cielo notturno senza luna	10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁻³ cd/m ²

Illuminamento

È il flusso luminoso che incide su una superficie di area unitaria (1 m²) in direzione perpendicolare.

La sua unità di misura è il *lux* (simbolo lx), che è il flusso luminoso intercettato da una superficie di 1 m² posta a distanza di 1m in direzione perpendicolare da una sorgente che emette con l’intensità di 1 candela.

$$1\text{lx} = \frac{1\text{lm}}{1\text{m}^2} \quad (2)$$

Tipici illuminamenti

Luce solare a mezzogiorno (medie latitudini)	10 ⁵ lx
Flash fotografico a 2 m di distanza	10 ⁴ lx
Giorno nuvoloso (all’aperto)	10 ³ lx
Illuminazione necessaria per leggere	100 lx
Luna piena	0,2 lx
Notte senza luna	10 ⁻⁴ lx

Legge dell'inverso del quadrato della distanza

Vale la stessa legge già discussa per il flusso di radiazione: al variare della distanza d fra sorgente e superficie illuminata, a parità di angolo solido W di emissione la superficie illuminata cresce proporzionalmente al quadrato di d , sia che si tratti di una sorgente che emette isotropicamente, sia che si tratti di una sorgente che emette entro un cono ristretto. Ne segue che gli illuminamenti L_1 ed L_2 su due superfici a distanze d_1 e d_2 stanno fra di loro nella relazione:

$$L_1 : L_2 = d_2^2 : d_1^2 \quad (3)$$

Esercizi

1. Una torcia elettrica emette un fascio collimato che, a una distanza di 2 m, produce un disco luminoso di circa 30 cm di raggio. Misurando l'illuminamento L della superficie con un luxmetro, si ottengono circa 300 lx. Calcolare
 - il *flusso luminoso* totale emesso dalla sorgente (in lm)
 - l'*angolo solido* W di emissione (in sr),
 - l'*intensità luminosa* media in quella direzione (in cd),
 - supponendo una *efficienza luminosa* di circa il 3%, calcolare il *flusso totale di radiazione*,
 - se la distanza raddoppiasse, come varierebbero l'angolo solido W di emissione, l'intensità di luminosa I , l'illuminamento L ?
2. Sapendo che la "costante solare", cioè l'irraggiamento dovuto alla radiazione solare che giunge alla Terra, integrato su tutte le lunghezze d'onda è pari a circa 1 kW/m^2 al livello del mare e che la resa luminosa della radiazione solare è di circa il 13%, calcolare l'illuminamento atteso (in lx).
3. Se occorre una sorgente con luminanza di 10 cd/m^2 per una visione buona fotopica da vicino (circa 1 m), calcolare a quale distanza un faro di automobile di 10^7 cd/m^2 appare avere una luminanza confrontabile.