

# GLOSSARIO E INFORMAZIONI TECNICHE

(ROBERTO FIGONE-DIGITECH SRL)

## Radiazione visibile

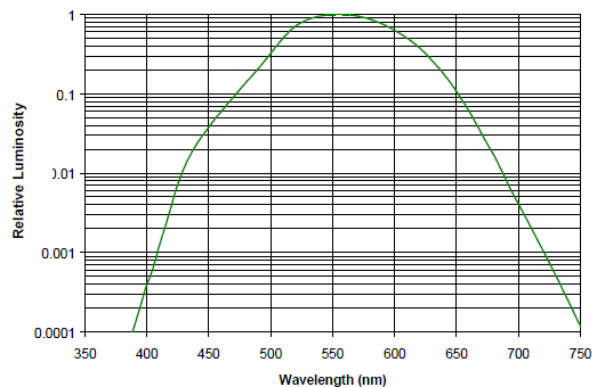
Con il termine di radiazione visibile, o luce, si indica la radiazione compresa tra 780nm e 380nm, corrispondente alla banda di onde elettromagnetiche, alle quali è sensibile l'occhio umano.

Lo spettro della radiazione visibile, suddiviso nelle bande di lunghezza d'onda alle quali è associato ciascun colore, è riportato in:

tab.1

banda spettrale-colore	lunghezza d'onda indicativa (nm)
UVA	DA 100 A 280
UVB	DA 280 A 315
UVC	DA 315 A 400
VIOLA	400-425
INDACO	425-486
BLU	486-493
BLU-VERDE	493-510
VERDE	510-552
VERDE GIALLO	552-573 (555nm = massima sensibilità occhio umano)
GIALLO	573-587
ARANCIO	587-645
ROSSO	645-780
IRA	DA 780 A 1400
IRB	DA 1.4 A 3.0 um
IRC	DA 3.0um A 1mm

In figura la curva di sensibilità dell'occhio umano riferita alle lunghezze d'onda

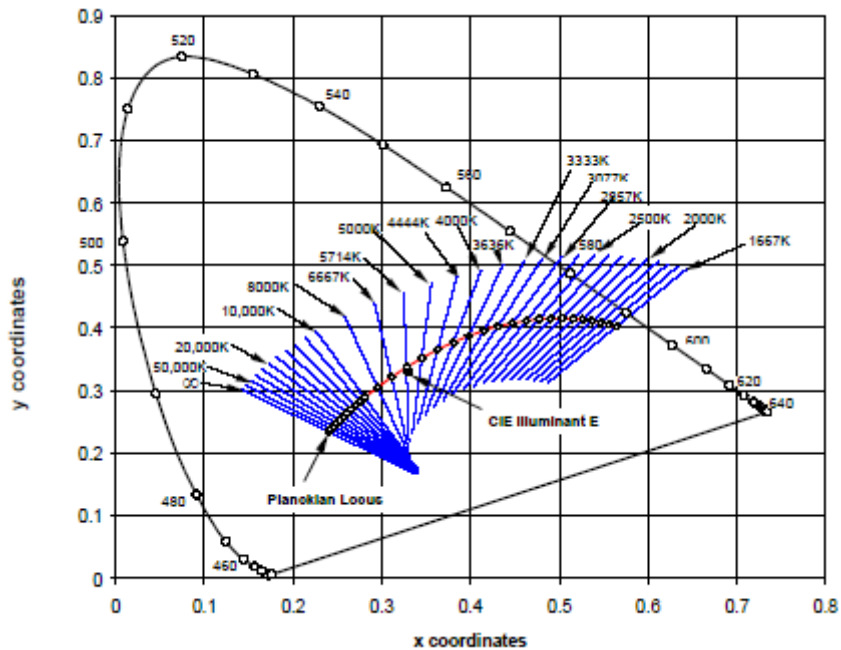


## Temperatura di colore (Tc)

la luce che genericamente identifichiamo come "bianca", ha in realtà moltissime tonalità di colore differenti, ma l'occhio umano, di fatto si "tara" su quella tonalità (rendendola neutra), e su questa base ci permette di distinguere tutti gli altri colori.

La "Tc", ha come unità di misura il grado **Kelvin (K)**, ha come riferimento l'emissione del corpo nero o la curva di **Plank**. La parte della radiazione visibile preponderante è funzione diretta della temperatura di colore "Tc", cioè: più è grande il "Tc" più si accentua la parte azzurra della radiazione, mentre per valori piccoli di "Tc" si accentua la parte rossa della radiazione visibile.

Ad esempio, la luce emessa da una lampada ad incandescenza ha Tc pari a circa 2.700 K, mentre la luce diurna a mezzogiorno presenta un valore di Tc di circa 5000-6.000 K.



## Tonalità di luce

La tonalità di luce è correlata alla temperatura di colore.  
 Grandezze indicative:

- sole all'alba 1600 K (non Vi dico l'ora !!)
- tono caldo 2.000-2600 K luce molto calda, quasi fastidiosa, per la componente giallo-rossa
- tono caldo 2.600- 3.300 K luce bianca calda (3000-3200 K è il Tc in media più piacevole)
- tono neutro 3.300 - 4000 K luce bianca tendente al freddo per la componente sempre più accentuata di blu
- tono bianchissimo 4.000 - 5000 K
- tono freddo 5.000 - 10000 K
- luce solare 5.750 K (oltre l'atmosfera, nello spazio)

## Resa cromatica e Indice di resa dei colori

La resa dei colori o resa cromatica è una valutazione qualitativa sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati ed è pari a:

- 1- 1- ottimo
- 2- 2- buono
- 3- 3- soddisfacente

L'indice di colore "Ra" permette di ottenere una valutazione oggettiva riguardo alla resa di colore, cioè ci indica quanto Possiamo apprezzare le sfumature di colore dell'oggetto o zona illuminata.

L'indice Ra è pari a 100 quando la sorgente emittente la luce ha lo stesso effetto della sorgente luminosa di riferimento.

L'indice di resa cromatica è funzione indiretta della differenza di resa dei colori, cioè tanto minori sono i valori di Ra tanto più grande è la differenza nella resa dei colori.

Un indice sui 50 può essere accettato in zone industriali ma l'indice deve essere ben maggiore laddove si debbono distinguere od individuare degli oggetti o loro particolari.

Esempio:

una lampada agli alogenuri con sigla **1A --- Ra 90-100 ---5000 K**

**1A** è il grado di resa dei colori (vedi resa cromatica)

**90 – 100** rappresenta l'indice di resa dei colori (vedi indice di resa dei colori)

**5.000 K** è la temperatura di colore che da indirettamente la tonalità di luce, in questo caso diurna(vedi tonalità di luce)

## Flusso luminoso

Il flusso luminoso rappresenta la quantità di luce od energia radiante emessa da una sorgente (Q) nell'unità di tempo (t) , quindi è una potenza (energia diviso tempo).

$$F = Q / t = \text{quantità di luce/tempo}$$

L'unità di misura del flusso luminoso è il lumen (lm) che corrisponde al flusso luminoso emesso da una sorgente di luce puntiforme di intensità (I) pari ad una candela (cd) ed uscente dalla superficie di un metro quadrato di superficie sferica con raggio pari a un metro (steradiante)

Il flusso luminoso si può calcolare anche moltiplicando la potenza per un coefficiente di visibilità variabile con la lunghezza d'onda.

## Efficienza luminosa

L'efficienza luminosa è pari al rapporto fra il flusso luminoso (F=lm) e l'energia impiegata o assorbita (P=W)

$$E = F/P$$

si misura in lumen/watt (lm/W), e varia in funzione del tipo di sorgente luminosa (vedi tab.1)

Il rapporto fra lm/W e l'efficienza di riferimento di una luce monocromatica di 555nm (giallo-verde) lunghezza d'onda al quale l'occhio umano è più sensibile standardizzata a 680lm/W, dà il rendimento (%) di una sorgente luminosa.

Tab.2

sorgente	lm/W	rendimento
led	0.04-160	0.005%-23.5%
lampada incandescente	6-18	0.8%-2.6%
incandescente alta temperatura	35	5.14%
alogeno-quarzo	24	3.5%
alogeno-tungsteno	18-25	2.6%-3.6%
alogenuri metallici	60-100	8.8%-14.7%
tubo fluorescente di qualità	90	13.3%
fluorescente alta frequenza	100	14.7%
fluorescente compatta (elettronica integrata)	45-80	6.6%-11.8
xenon	30-150	4.4%-22%
mercurio	30-60	4.4%-8.8%
arco mercurio-xenon	50-55	7.3%-8%
sodio alta pressione	60-150	8.8%-22%
sodio bassa pressione	100-190	14.7%-27.9%
corpo nero-ideale a 4000 K	45	7%
corpo nero-ideale a 7000 K	95	14%
luce bianca ideale	242.5	36%
sorgente monocromatica 555 nm	680 [1]	100%

es: percentuale di rendimento di una sorgente luminosa di 50 lm/W  
 $0.147 \times 50 = 7.35\%$

nb: dati indicativi (per valori precisi consultare specifiche costruttori)

[1] <http://physics.ccri.cc.ri.us/keefe/light.htm>

Quindi, riferendoci ai 680 *lm/watt* teorici, possiamo affermare che una lampada con efficienza luminosa di 50 *lm/watt* e di potenza pari a 100 W emette 5.000 lumen, contro i 50.000 *lm/100w* teorici, e con quindi, efficienza = 10% e perdite = 90%. Una lampada al sodio a bassa pressione da 190 *lm/watt* e potenza pari a 100 W ha un rendimento del 28% e perdite del 72%. Questo, sempre in teoria, in realtà il rendimento è ancora inferiore.

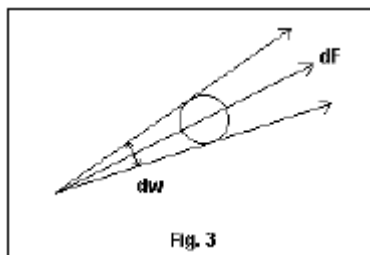
## Intensità luminosa

L'intensità luminosa si calcola con la formula:

$$I = dF/dw$$

dove  $dF$  è il flusso luminoso in una direzione, emesso dalla sorgente luminosa all'interno di un piccolo cono e  $dw$  è l'angolo solido del cono stesso.

In pratica l'intensità luminosa non è altro che la densità di flusso in una certa direzione (fig.3)



L'unità di misura dell'intensità luminosa è la **candela** (cd)

Semplice formula dell'intensità luminosa:

si può definire l'intensità luminosa media sferica (sfera di raggio pari a 1 metro)  $I_m$  di una sorgente ideale emettente lo stesso flusso della sorgente considerata, con una intensità identica in tutte le direzioni (isotropa):

$$I_m = F/4\pi$$

infatti la superficie di una sfera è data dalla formula  $4\pi R^2$ , da cui si può desumere che se  $I_m$  è pari ad 1 candela, il flusso luminoso emesso è pari a 12,56 *lm*.

L'intensità luminosa è importante in quanto costituisce la parte fondamentale della curva fotometrica.

## Illuminamento

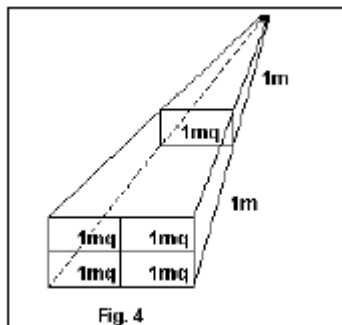
L'illuminamento è pari al rapporto fra il flusso luminoso incidente ortogonalmente su una superficie e l'area della superficie che riceve il flusso, quindi una densità di flusso:

$$L = dF/dA$$

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux ( $lm/m^2$ ).

Il lux è definito come il flusso luminoso emesso uniformemente da una sorgente con una intensità luminosa di 1 candela che illumina una superficie di 1 *mq*

L'illuminamento varia con l'inverso del quadrato della distanza dalla sorgente luminosa (fig.4)



Alcuni valori dell'illuminamento (lux):

Sole	100.000
Nuovoloso:	10.000
Luna piena	0,2
Strade:	5 - 30
Locali domestici:	100 - 200
Negozi:	200 - 1000
Vetrine:	500 - 3000
Uffici:	200 - 2000

## grandezze radiometriche e rispettive grandezze fotometriche.

### RADIOMETRICHE

### FOTOMETRICHE

Grandezza	Unità	Grandezza	Unità
<i>Energia raggiante</i>	<i>joule (J)</i>	<i>Energia luminosa</i>	<i>lm/s</i>
<i>Flusso raggiante</i>	<i>watt (W)</i>	<i>Flusso luminoso</i>	<i>lumen (lm)</i>
<i>Irradianza</i>	<i>W/m<sup>2</sup></i>	<i>Illuminamento</i>	<i>lux (lx)</i>
<i>Intensità raggiante</i>	<i>W/sr</i>	<i>Intensità luminosa</i>	<i>candela (cd)</i>
<i>Radianza</i>	<i>W/(sr/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Luminanza</i>	<i>cd/m<sup>2</sup></i>

### Scala radiometrica

Si definisce energia raggiante  $W$  la quantità di energia emessa, ricevuta o trasportata per irraggiamento.

La sua unità di misura nel SI è il joule.

Si definisce flusso raggiante  $\Phi$  la quantità di energia emessa, ricevuta o trasportata per irraggiamento nell'unità di tempo, sarà perciò:

$$\Phi = dW/dt$$

l'unità di misura nel SI di  $\Phi$ , che coincide dimensionalmente con una potenza, il watt.

Si definisce intensità raggiante  $I$  il flusso trasportato in una direzione nell'angolo solido unitario, ovvero:

$$I = d\Phi/d\Omega$$

l'unità di misura nel SI è il watt su steradiano.

Si definisce radianza di una superficie emittente  $L$ , l'intensità della radiazione emessa dall'unità di superficie in una data direzione, ovvero:

$$L = dI/dA$$

l'unità di misura nel SI è il watt su steradiano al metro quadrato.

Si definisce irraggiamento di una data superficie  $E$  la quantità di energia incidente sull'unità di superficie nell'unità di tempo, ovvero:

$$E = d\Phi/dA$$

l'unità di misura nel SI è il watt al metro quadrato

## scala fotometrica

La scala fotometrica definisce la risposta dell'apparato visivo umano alle grandezze radiometriche. Principale grandezza è l'intensità luminosa, la cui unità di misura è la candela (una delle sette unità fondamentali del SI). L'intensità di 1 candela (cd) equivale all'intensità di una sorgente che emetta, entro un angolo solido di 1 sr, la radiazione monocromatica di frequenza  $540 \cdot 10^{12}$  Hz e di potenza 1/683 W. La radiazione di tale frequenza ha una lunghezza d'onda di 555 nm, a cui corrisponde il massimo fattore di visibilità relativa dell'uomo. Dalla candela vengono derivate tutte le altre unità fotometriche. L'intensità luminosa viene anche definita come il flusso luminoso emesso per angolo solido:

$$I = d\Phi / d\Omega$$

e l'unità è appunto la candela.

Si definisce flusso luminoso la quantità di luce convenzionale irradiata da una sorgente nell'unità di tempo:

$$\Phi = dQ / dT$$

Dalle relazioni precedenti risulta che l'unità di misura del flusso è cd/sr, chiamata lumen (lm). Ne consegue che l'unità di misura della quantità di luce convenzionale Q (talvolta indicata come energia luminosa) è il **talbot**, equivalente a lumen per secondo (lm/s). La luminanza di una superficie è l'intensità luminosa emessa per unità di superficie emittente:

$$L = dI / dA_c$$

l'unità di misura è cd/m<sup>2</sup>, chiamata anche **nit**.

Si definisce illuminamento di una superficie il flusso luminoso incidente per unità di superficie, ovvero:

$$E = d\Phi / dA_i$$

dove "i" sta a indicare la superficie illuminata. L'unità di misura dell'illuminamento nel SI è il **lm/m<sup>2</sup>**, chiamato **lux**.

**Tabella comparativa fra tipi di sorgente luminosa e caratteristiche di colore – vita media.**

<b>sorgente</b>	<b>temperature °K</b>	<b>vita media (ore)</b>
led		30.000-100.000
lampada incandescente	2.700	1.000
incandescente alta temperatura	2.700	1.500
alogeno-quarzo		4.000
alogeno-tungsteno	2.900-3.000	2.000
alogenuri metallici	4.000-7.200	3.000
tubo fluorescente di qualità	1.700-6.500	12.000
fluorescente alta frequenza	1.700-6.500	12.000
fluorescente compatta (elettronica integrata)	1.700-6.500	1.500
xenon		
mercurio	2.900-4.200	10.000
arco mercurio-xenon		
sodio alta pressione	1.900-2.100	10.000
sodio bassa pressione	1.800	10.000
Lampade ad induzione (nuove tecnologie)	3.000- 4.000	60.000