

Capitolo 2 Caratteristiche delle sorgenti luminose

In questo capitolo sono descritte alcune grandezze utili per caratterizzare le sorgenti luminose.

2.1 Spettro di emissione

Lo spettro di emissione di una lampada indica su quali lunghezze d'onda avviene l'emissione della sorgente. Generalmente sui cataloghi delle aziende produttrici gli spettri di emissione sono presentati in percentuale: in questo caso la lunghezza d'onda su cui la sorgente ha la massima emissione assume valore 100% e gli altri valori sono scalati di conseguenza. Alcuni esempi di spettri di emissione saranno mostrati nel capitolo successivo.

2.2 La temperatura di colore

Per definire la temperatura di colore è necessario partire dall'analisi dell'emissione di un corpo nero, cioè di un corpo che è in grado di assorbire tutta la radiazione che riceve senza rifletterne alcuna parte. L'emissione di radiazione da parte di un corpo nero dipende dalla temperatura del corpo stesso. (Fig.2.1)

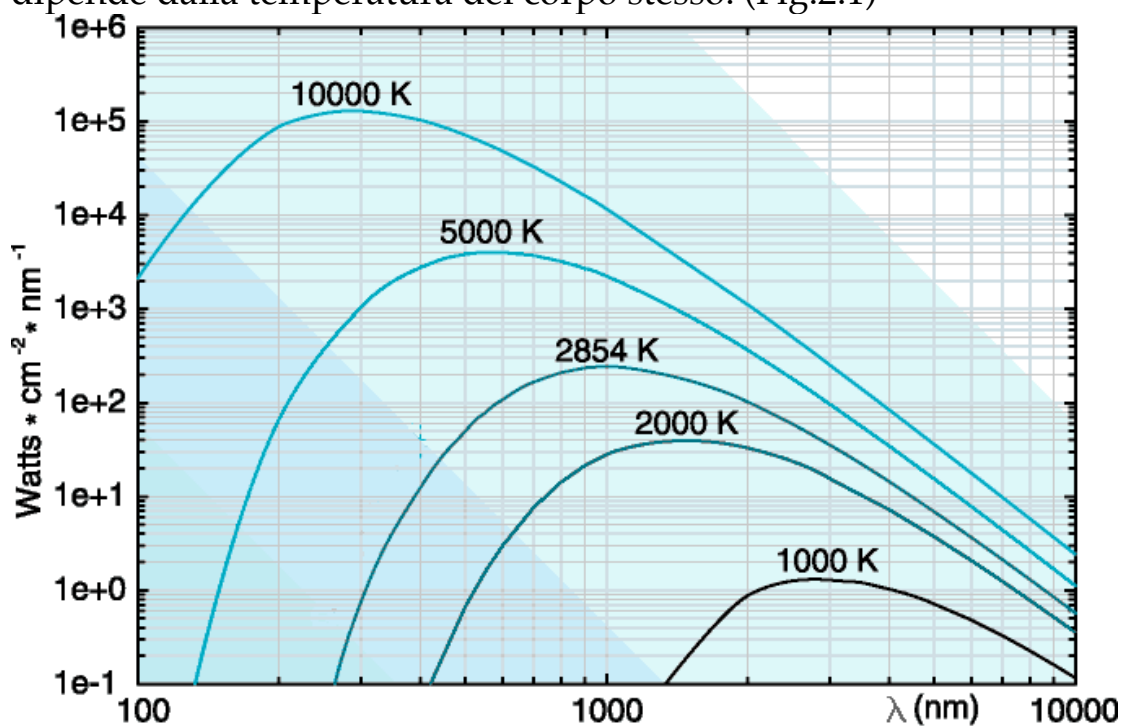


Fig.2.1 Emissione di un corpo nero in funzione della temperature

Nel caso della temperatura di colore la temperatura viene espressa in gradi Kelvin che equivalgono ai gradi centigradi una volta sottratto 273,15. Ad esempio i 1000 K equivalgono a 1273,15° centigradi (verifica).

Al crescere della temperatura del corpo nero l'emissione luminosa si sposta via via verso le lunghezze d'onda più corte. Ne segue così che un corpo nero a 1000° K ha un'emissione tutta nell'infrarosso.

Anche se le sorgenti luminose non possono essere completamente assimilate ad un corpo nero si definisce *temperatura di colore* la temperatura di un corpo nero il cui spettro di emissione si avvicina a quello della sorgente considerata. Una lampadina al tungsteno ha così, ad esempio, una temperatura di colore di circa 2854°K .

Quando lo spettro di emissione di una lampada è molto diverso da quello di corpo nero e la somiglianza risulta quindi parziale (in particolare per ciò che riguarda le lampade a scarica e i tubi fluorescenti) si preferisce parlare di *temperatura prossimale di colore* o di *temperatura di colore correlata*.

Dalla definizione data segue che al crescere della temperatura di colore l'emissione si sposta verso le zone blu e viola del visibile. Le sorgenti che, con una definizione di tipo psicologico, vengono dette "calde" (come ad esempio le lampadine ad incandescenza) hanno una bassa temperatura di colore, mentre le sorgenti considerate "fredde" (come i tubi fluorescenti) hanno un'alta temperatura di colore. Questa apparente contraddizione genera talvolta una certa confusione. Nella figura 2.2 sono riportati alcuni valori della temperatura di colore per alcune lampade.

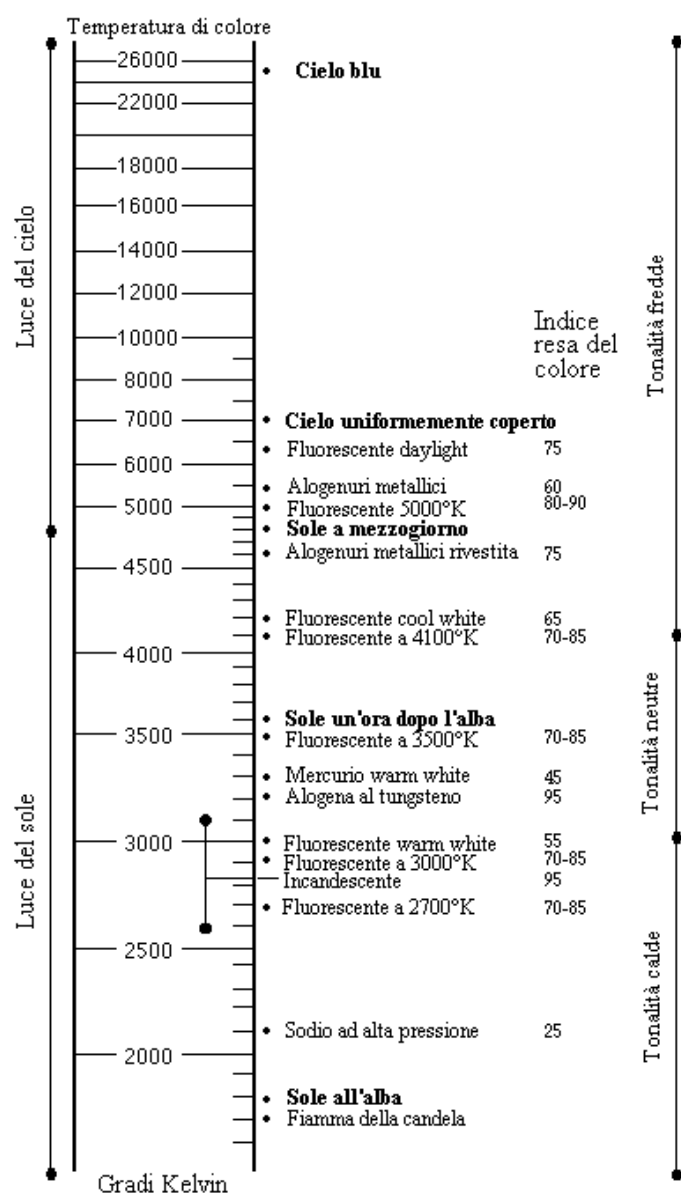


Fig.2.2 Valori della temperatura di colore per alcune lampade

La temperatura di colore è un'informazione importante per il progettista illuminotecnico, ma deve essere considerata con attenzione, poiché non contiene tutti i dati relativi ad una sorgente. Si prenda ad esempio in considerazione la Fig.2.3

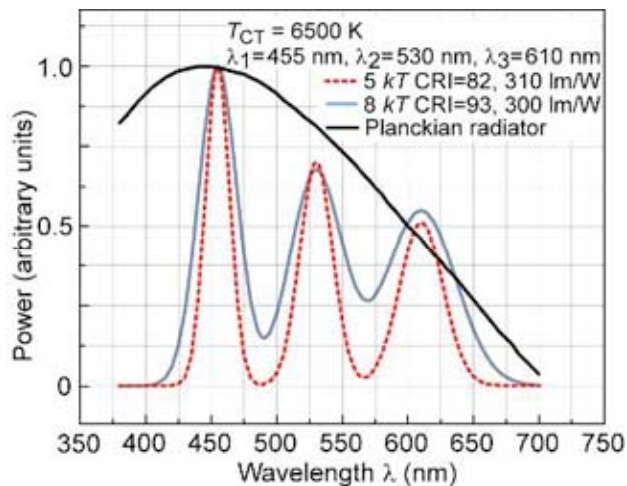


Fig.2.3 Confronto tra due lampade realizzate unendo tre LED e la curva di corpo nero a 6500 K. (da <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/>)

In tale grafico si trovano a confronto gli spettri di emissione di due lampade realizzate unendo tre LED e la curva di emissione di un corpo nero a 6500 K. Le due lampade così realizzate hanno entrambe una temperatura di colore correlata di 6500 K, ma le due lampade hanno un'emissione molto dissimile da quella del corpo nero. Inoltre le due lampade, pur avendo la stessa temperatura di colore, hanno spettri di emissione diversi tra loro. La lampada rappresentata da una linea tratteggiata ha picchi di emissione molto più stretti ed avrà quindi una resa del colore molto più povera.

2.3 Efficienza luminosa

L'Efficienza luminosa, indicata con η , è il rapporto tra il flusso luminoso emesso dalla sorgente e la potenza consumata dalla sorgente stessa. Si misura in Lumen/Watt. Il valore massimo (puramente teorico poiché irraggiungibile nella pratica) è di 683 Lumen/Watt per le ragioni descritte nel primo capitolo.

Nella tabella 3.1 sono riportati alcuni valori di efficienza luminosa per alcune lampade. Tali valori non sono da considerare definitivi dato che la tecnologia è sempre alla ricerca di tecniche che possano migliorare l'efficienza delle lampade.

2.4 Resa del colore delle sorgenti

Il colore di un oggetto dipende dai pigmenti che lo compongono, ma dipende anche dalle qualità spettrali della lampada che lo illumina. Infatti un oggetto che riflette la luce rossa se non viene irradiato da tale radiazione non può neanche rifletterla.

In linea di principio una lampada ha una buona resa del colore se ha un'emissione ricca su tutte le lunghezze d'onda del visibile. In realtà nessuna sorgente artificiale ha uno spettro così completo e si

deve sempre ricorrere ad approssimazioni. Per valutare la resa del colore di una sorgente è stato introdotto un parametro denominato indice di resa del colore, che può essere calcolato utilizzando 14 piastrelle di colore diverso.

Si parte dal calcolare la temperatura di colore della lampada di cui vogliamo conoscere la resa del colore: questo passaggio è estremamente importante poiché, a seconda della Temperatura di Colore, si confronterà la lampada in esame con una che ha una temperatura di colore simile che viene usata come riferimento. Si provvede poi a paragonare la nostra lampada in esame con la lampada di riferimento che è spesso un'emissione di corpo nero o, se la temperatura è uguale o maggiore a 5000 K, è un illuminante D (daylight) che imita l'illuminazione diurna (Fig.3.4).

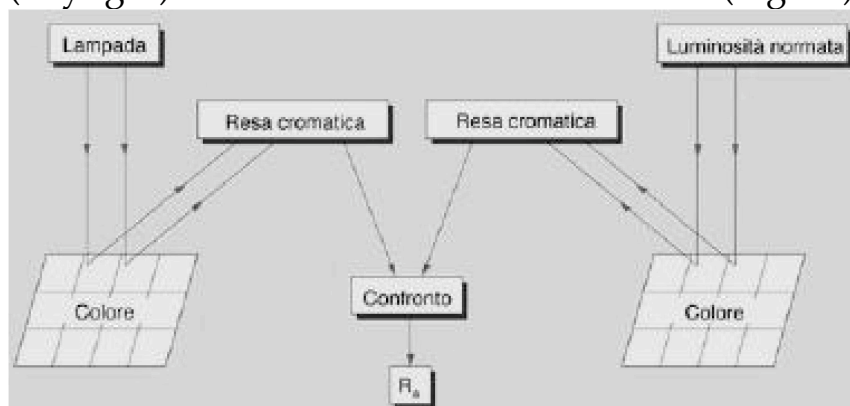


Fig.2.4 Schema della misura dell'indice di resa del colore

È possibile calcolare l'indice di resa del colore per ognuna delle 14 piastrelle calcolando la distanza colorimetrica di ogni singola piastrella nelle due diverse condizioni di illuminazione e ottenere così i vari indici di resa del colore speciali. Facendo una media sulle sole prime otto piastrelle a saturazione media è possibile calcolare l'indice di resa del colore generale che viene generalmente chiamato più semplicemente Indice di Resa del Colore e si trova indicato con IRC (CRI sui testi anglosassoni) o R_a . Il calcolo di R_a è stato effettuato in modo tale che se la resa del colore su tutte le 8 piastrelle è identica sia per la lampada in esame che per la lampada di riferimento la nostra lampada in esame totalizzerà un indice di resa del colore di 100, che è il punteggio massimo ottenibile. Più la nostra lampada si discosta, per una o più piastrelle, dal comportamento della lampada di riferimento e più il punteggio scende. Il punteggio è calcolato in modo tale che la lampada fluorescente "warm white", molto diffusa negli Stati Uniti negli anni 60, abbia un R_a uguale a 50. Generalmente si è soliti affermare che in tutti gli ambiti in cui sia necessario un minimo di riconoscimento del colore bisogna ricorrere a lampade che abbiano un indice di resa del colore di almeno 80.

Un pregio dell'indice di resa del colore è quello che è rappresentato da un solo numero, cosa che lo rende particolarmente comprensibile. Purtroppo è difficile restituire la complessità di uno spettro di emissione con un solo numero; per questa ragione l'indice di resa cromatica ha tutta una serie di limiti. In primo luogo non bisogna dimenticarsi che si tratta di un valore ottenuto dal comportamento medio sulle 8 piastrelle colorate da parte di una lampada. Così può capitare che due lampade abbiano lo stesso indice di resa del colore (ad esempio 80), ma abbiano una resa del colore molto diversa perchè una "rende" bene il rosso saturo e l'altra il verde pallido. Questo rischio sembrerebbe non essere presente di fronte a due lampade aventi entrambe 100 come indice di resa del colore; in realtà non si deve dimenticare che il punteggio è un confronto operato rispetto a una sorgente di una data temperatura di colore. Per questa ragione una lampada ad incandescenza totalizzerà un 100 perchè paragonata con il corpo nero a 2854 K a cui somiglia moltissimo, ma tale lampada non somiglierà assolutamente come emissione a una lampada che riproduce l'emissione solare.

Generalmente, anche se non si tratta di una regola matematica stringente, una buona resa del colore mal si accorda con una buona efficienza di una lampada, dato che per avere una buona resa del colore è necessario avere un'emissione ricca su tutte le lunghezze d'onda, mentre una grande efficienza si ha restringendo l'emissione nelle zone in cui la sensibilità del nostro occhio è massima.

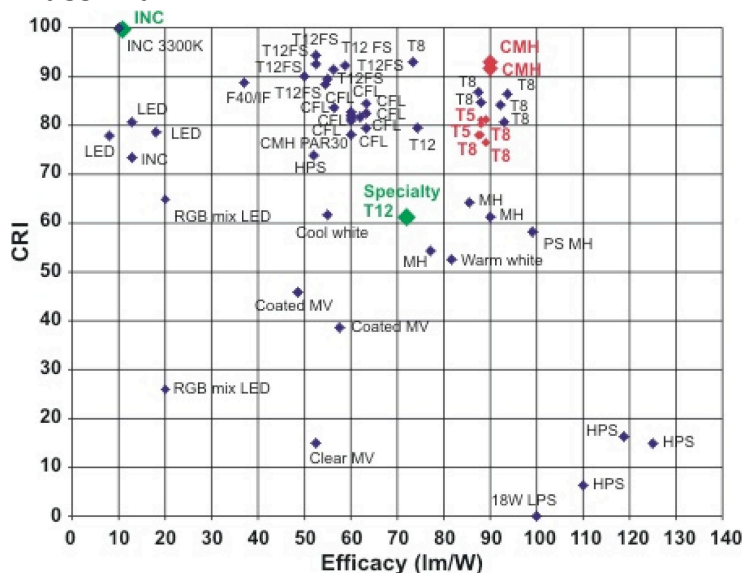


Fig.2.5 Confronto tra varie sorgenti in funzione dell'efficienza (ascisse) e dell'indice di resa del colore (ordinate) (da <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/>)

Nella fig.2.5 si può vedere le sorgenti rappresentate in funzione della loro efficienza e dell'indice di resa del colore. Come si vede la

sorgente ad incandescenza (INC) ha una resa del colore altissima a fronte di una bassa efficienza, mentre le lampade a vapore di sodio a bassa pressione (LPS) hanno una grande efficienza e una scarsa resa del colore, dato che hanno un'emissione centrata attorno al picco di emissione del sodio a 589 nm.

2.5 Vita media

La vita media di una lampada è "il numero di ore di funzionamento dopo il quale il 50% delle lampade di un congruo e rappresentativo lotto, funzionante in condizioni stabilite, si spegne". La vita media di una sorgente indica dunque per quanto tempo mediamente una lampada può fornire luce prima di rompersi. È una grandezza che viene quindi calcolata in maniera statistica, tramite test di laboratorio compiuti su una serie di lampade dello stesso tipo.

Si tratta di una grandezza che dipende criticamente dalla tensione che viene applicata alla lampada secondo una legge per cui

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^m$$

dove $\tau_{1(2)}$ è la vita media della lampada 1(2) mentre $V_{1(2)}$ è la tensione applicata alla lampada 1(2). Il valore m vale circa 12 per molte lampade, e circa 7 per quelle a incandescenza. Come si vede maggiore è la tensione applicata alla lampada e minore sarà la sua vita media, anche se ne trarrà profitto il flusso luminoso erogato. Le variazioni nell'alimentazione avvengono anche nella normale rete elettrica: in Italia ad esempio si assicura una tensione con variazioni massime del 10%. Anche in questo caso le lampade a incandescenza hanno valori inferiori ad altri tipi di lampada. Un altro modo di rappresentare la vita media è di fornire un grafico che rappresenta la percentuale di lampade ancora funzionanti in funzione del tempo (fig.2.6).

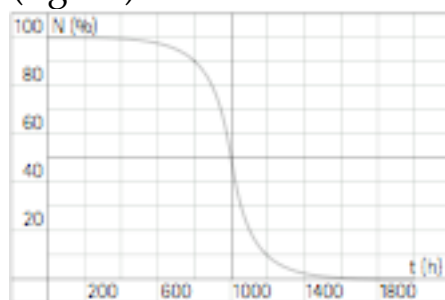


Fig.2.6 Percentuale di lampade ad incandescenza ancora funzionanti in funzione del tempo. Il 50% delle lampade ha smesso di funzionare dopo 1000 ore di funzionamento

2.6 Decadimento del flusso luminoso

Il decadimento del flusso luminoso è generalmente rappresentato da un grafico che presenta il flusso luminoso emesso da una lampada in funzione del tempo di accensione.

2.7 Tempo di riaccensione

Il tempo di riaccensione è il tempo che intercorre tra l'accensione di una lampada e l'istante in cui essa arriva ad emettere il massimo del suo flusso luminoso. In questo caso i valori passano da tempi estremamente brevi, inferiori al secondo, per le lampade a incandescenza, fino ad alcuni minuti per le lampade a gas usate ad esempio nell'illuminazione cittadina.

Ulteriori dati saranno forniti nel prossimo capitolo, dedicato appunto ai vari tipi di sorgente.

Tipo di Lampada	Vita media (ore)	Temperatura di Colore (° Kelvin)	Indice di resa cromatica	Efficienza Luminosa (Lm/W)
Incandescente Standard	1000	2854	100	14
Alogena	2000	3000	100	20
Fluorescente tubolare	12000-15000	2700-6000	49-95	49-89
Fluorescente compatta	5000-6000	2700-6000	80-90	30-80
Alogenuri metallici	6000-20000	4000-5600	65-92	38-86
Vapori Hg fluorescente	10000-12000	3000-4200	35-60	30-60
Mercurio luce miscelata	6000-8000	3100-4200	40-75	Max 32
Sodio alta pressione	12000	2000-2500	20-80	Max 120
Sodio bassa pressione	10000-12000	2000	0	100-200
Induzione	60000	3000-4000	80	70
LED	100000	4500	80	200