

COMFORT IN UFFICIO – LA LUCE

Parte 1:

Nozioni base e fondamentali di illuminotecnica

CONTENUTI

1. Caratteristiche della sorgente luminosa

- Intensità luminosa
- Flusso luminoso
- Efficienza luminosa
- Temperatura di colore
- Indice di resa cromatica

2. Caratteristiche prestazionali

- Rendimento luminoso
- Illuminamento
- Luminanza
- Abbagliamento

INTENSITA' LUMINOSA (I)

L'intensità luminosa può anche essere considerata come il numero di fotoni che attraversa una sezione unitaria di un campione (che può essere anche il vuoto) nell'unità di tempo.

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

definita come intensità luminosa di una sorgente che emette radiazione monocromatica di frequenza pari a 540×10^{12} hertz e con una intensità radiante nella direzione di propagazione di $1/683$ watt per steradiante.

INTENSITA' LUMINOSA (I)

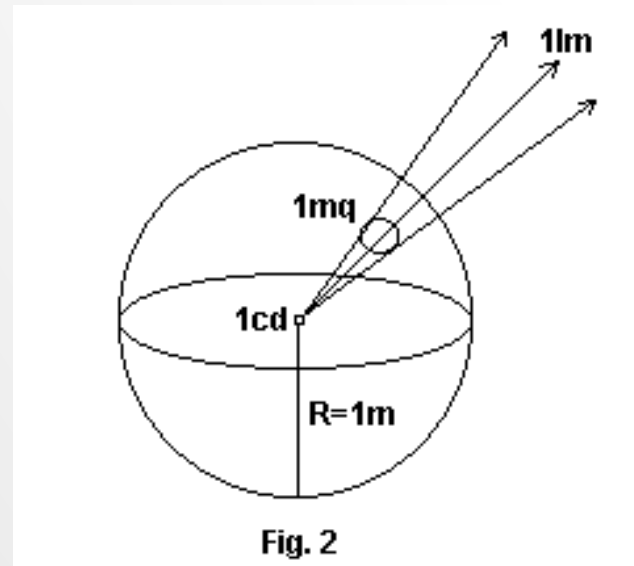
Sorgente	Potenza approssimativa in watt (W)	Intensità luminosa approssimativa in candele (cd)
Candela di cera	/	1 cd
Led di potenza	qualche watt	qualche cd
Lampadina a incandescenza	100 W	130 cd
Lampada fluorescente	40 W	200 cd
Proiettore di alta potenza	Fino a migliaia di W	milioni di cd

FLUSSO LUMINOSO (Φ)

Il **flusso luminoso ϕ** indica la potenza luminosa emessa da una lampada.

Nel Sistema internazionale l'unità di misura del flusso luminoso è il **lumen (lm)**.

Un lumen è definito come il flusso luminoso di luce prodotta da una sorgente luminosa che emette una candela di intensità luminosa su di un angolo solido di uno steradiante.



FLUSSO LUMINOSO (Φ)

Sorgente	Potenza approssimativa in watt (W)	Flusso luminoso approssimativo in lumen (lm)
Candela di cera	/	1 lm
Modulo LED	4-5W	300-400 lm
Lampada ad incandescenza	100 W	1360 lm
Lampada fluorescente	40 W	4000 lm
Proiettore da stadio (lampade ad alogenuri metallici)	2000 W	220000 lm

I valori tipici di ogni lampada sono riportati nei cataloghi.

EFFICIENZA LUMINOSA ($\eta=\Phi/P$)

Banalmente il rapporto tra **flusso luminoso** della sorgente luminosa e la potenza dissipata.

Si misura in (**lm/W**).

Sorgente	Efficienza luminosa approssimativa
Lampada incandescente	15-35 lm/W
Lampada a fluorescenza	70-100 lm/W
Lampada ad alogenuri metallici	75-115 lm/W
Modulo LED di potenza	120-130 lm/W
Lampada ai vapori di sodio	130-140 lm/W

TEMPERATURA DI COLORE

Il termine **temperatura di colore** è utilizzato per definire la tonalità della luce.

Si misura in **kelvin (K)**, e definisce la temperatura che dovrebbe avere un corpo nero ideale affinché la radiazione luminosa emessa da quest'ultimo appaia cromaticamente la più vicina possibile alla radiazione considerata.



TEMPERATURA DI COLORE

Sorgente	Temperatura di colore
Luce di una candela	1600 K
Lampada ad incandescenza (40W)	2650 K
Lampada ad incandescenza (200W)	2980 K
Lampada fluorescente "bianco caldo"	3000 K
Lampada fluorescente "bianco freddo"	4000 K
Luce solare diretta (a mezzogiorno)	~5500 K
Luce del cielo nuvoloso	~7000 K
Luce del cielo sereno	~16000 K

RESA DEL COLORE

(**Ra** – Rendering average / **CRI** – Color Rendering Index)

Indice dell'effetto sulla percezione del colore della luce prodotta dalla una sorgente luminosa rispetto a alla percezione dello stesso colore in luce naturale.

Essa indica in pratica quanto il colore di un oggetto illuminato artificialmente sia vicino a quello percepito con l'illuminazione naturale.

Il valore massimo di **CRI** è 100 (luce naturale), mentre **Ra** è espresso in valore percentuale.

RESA DEL COLORE

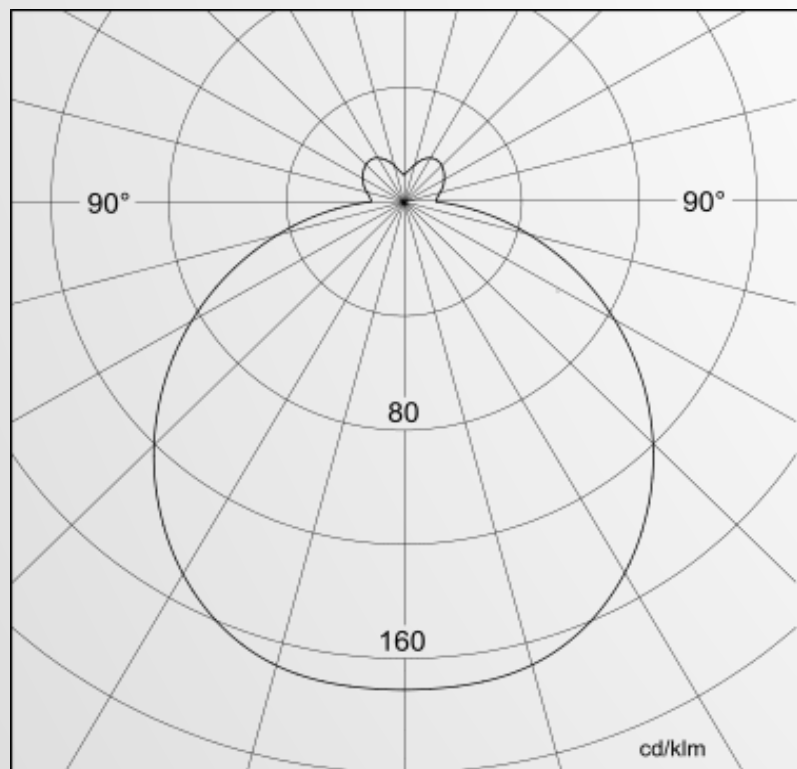
La norma UNI 10380 suddivide l'insieme dei possibili valori dell'indice di resa cromatica in cinque gruppi e ne indica le aree di applicazione:

GRUPPO	Ra	Applicazione
1A	$Ra > 90\%$	abitazioni, musei, studi grafici, studi medici
1B	$90\% > Ra > 80\%$	uffici, scuole, negozi, palestre, teatri
2	$80\% > Ra > 60\%$	locali di passaggio, corridoi, scale, ascensori, aree di servizio
3	$60\% > Ra > 40\%$	interni industriali, officine, magazzini, depositi
4	$40\% > Ra > 20\%$	parcheggi, banchine, cantieri, scavi, aree di carico e scarico

CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Le prestazioni fotometriche di un apparecchio di illuminazione riguardano principalmente i parametri fotometrici dichiarati o pubblicati (verificabili).

I parametri fotometrici principali sono il **rendimento luminoso**, le **intensità luminose normalizzate** e le loro rappresentazioni in curve polari.



Tramite l'utilizzo di software di calcolo fotometrico (es. Relux, Dialux) è possibile calcolare l'**illuminamento** e la **luminanza** medi e puntuali di un ambiente, assieme ad alcuni parametri necessari per il computo illuminotecnico finalizzato all'ottenimento del comfort luminoso.

RENDIMENTO LUMINOSO (LOR)

Il **rendimento luminoso** o **Light Output Ratio** (abbreviato **LOR**) esprime la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa montata in un apparecchio di illuminazione.

Viene espresso in percentuale ed indica il rapporto tra flusso luminoso emesso dalla sorgente in aria libera rispetto al flusso luminoso della stessa sorgente montata nell'apparecchio.

Il **LOR** può determinare la scelta di un apparecchio come l'efficienza luminosa può determinare la scelta della sorgente luminosa.

ILLUMINAMENTO - $E = \Phi/S$

L'**illuminamento** è una grandezza fotometrica risultato del rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente e la superficie dell'oggetto illuminato, ed è quindi riferita all'oggetto illuminato e non alla sorgente.

L'**illuminamento** è massimo quando la superficie è disposta perpendicolarmente ai raggi luminosi e diventa nullo quando i raggi sono paralleli alla superficie.

L'unità di misura dell'**illuminamento** è il **lux (lx)**

che corrisponde all'illuminamento prodotto su una superficie perpendicolare ai raggi da una sorgente posta a 1 metro di distanza e che abbia l'intensità luminosa di una candela.

ILLUMINAMENTO - $E = \Phi/S$

Ambiente / Sorgente	Illuminamento approssimativo al suolo
Luce del sole	32000-100000 lx
Riflettori da stadio	1000 lx
Lampadina incandescente 100W a plafone	300 lx
Luce della luna	1 lx
Luce di una stella	0,00005 lx

LUMINANZA - $L=I/A$

La **luminanza** è una grandezza fotometrica vettoriale definita come il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente nella direzione dell'osservatore e l'area apparente della superficie emittente così come vista dall'osservatore.

La **luminanza** è espressa in **cd/m²**.

Il concetto di luminanza si applica sia a superfici illuminate che alle sorgenti luminose.

LUMINANZA - $L=I/A$

La grandezza è indicativa dell'**abbagliamento** che può indurre una sorgente:

Una lampadina di piccole dimensioni, con una superficie di emissione di un centimetro quadro e con intensità di una candela, ha una luminanza di 10000 cd/m².

Un'altra lampadina con pari intensità ma con superficie di cento centimetri quadrati ha una luminanza di 100 cd/m².

Si può comprendere perché sia meno fastidioso osservare direttamente un tubo fluorescente (che ha ampia superficie) piuttosto che una lampada ad incandescenza (in cui tutto il flusso luminoso proviene dal piccolo filamento).

ABBAGLIAMENTO

Per **abbagliamento** si intende la sensazione visiva causata da luminanze troppo elevate, distribuzione sfavorevole delle luminanze o contrasti eccessivi di luminanze nel campo visivo.

Abbagliamento diretto (molesto): Provocato direttamente dalle sorgenti luminose

Abbagliamento di riflesso: provocato dalla riflessione della luce su superfici e oggetti

Entrambi i tipi di abbagliamento sono da evitare in quanto causa di mancanza di comfort, cali di concentrazione e stanchezza.

ABBAGLIAMENTO MOLESTO E UGR

Il grado di abbagliamento molesto è identificato tramite il metodo dello **Unified Glare Rating (UGR)**.

Si tratta di un indice unificato internazionale per la valutazione dell'abbagliamento nelle varie situazioni.

$$UGR = 8 \log \frac{0.25}{L_a} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2}$$

L' **UGR** va normalmente calcolato tenendo conto di tutti gli apparecchi presenti nell'ambiente, dell'ambiente stesso e della posizione dell'osservatore. Vista la complessità del calcolo viene utilizzato normalmente un software.

L' **UGR** tuttavia può essere fornito come dato intrinseco dell'apparecchio illuminante, indicando il dato massimo di **UGR** ottenuto dalle misure fotometriche (es. **UGR<19**).

Anche se questa procedura non è del tutto corretta aiuta molto i progettisti nell'identificazione di possibili criticità

ABBAGLIAMENTO MOLESTO E UGR

UGR	Entità dell'abbagliamento
>28	Abbagliamento intollerabile
28	Abbagliamento quasi intollerabile
25	Abbagliamento fastidioso
22	Abbagliamento quasi fastidioso
19	Abbagliamento appena accettabile
16	Abbagliamento accettabile
13	Abbagliamento percepibile
10	Abbagliamento appena percepibile

ABBAGLIAMENTO DI RIFLESSO

Causato da superfici troppo riflettenti e errato posizionamento degli apparecchi luminosi o delle postazioni di lavoro può essere ridotto e prevenuto con semplici accorgimenti:

1. Sistemazione adeguata e coerente tra apparecchi e postazioni di lavoro
2. Uso di superfici opache o schermate
3. Riduzione della luminanza degli apparecchi
4. Aumento dell'utilizzo della luce diffusa ed indiretta a sfavore dell'illuminazione diretta
5. Diminuire il contrasto dello sfondo con pareti/soffitti di colore chiaro.

PRandina