



paolo carlizza (paolo.carlizza)

FISICA TECNICA: ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE DI INTERNI

15 February 2013

Mi sembrava cosa incompleta non descrivere le procedure illuminotecniche che si adottano nel caso si voglia illuminare un piano ad una certa altezza in un ambiente interno, con una prescritta intensita' d'illuminazione. Per questo riporto una trattazione, che e' quasi esatta, dotata di sufficienti tabelle e diagrammi. Lo scarto di errore tra questa procedura tecnica e quella esatta, non e' in fondo molto rilevante. Innanzi tutto partiro' con alcune premesse, che sono proprie della fotometria della fisica tecnica.

Premesse di fotometria

La grandezza che definisce la quantita' di luce emessa e' detta flusso luminoso Φ , che deriva nella sua definizione dal concetto di visibilita'. In breve due sorgenti luminose monocromatiche a frequenze diverse e coerenti, per essere piu' rigorosi, di uguale potenza, determinano nell'occhio umano una risposta differente, in quanto non verranno percepite nella sensazione d'intensita' nella stessa misura. Un colore sara' piu' visibile di un altro.

Per questo sono stati fatti dei test di visibilita' ad un campione di persone diverse e sono stati mediati i risultati ed alla fine e' stata ottenuta una curva di visibilita' media, che ha la forma simile ad una campana, dove le frequenze centrali sono le piu' visibili (colore giallo-verde), mentre ai lati della campana stessa il tasso di visibilita' decresce drasticamente. Se la curva e' in funzione della lunghezza d'onda vedremo nella parte a sinistra della curva le frequenze relative al blu-violetto e nella parte destra quelle relative al rosso.

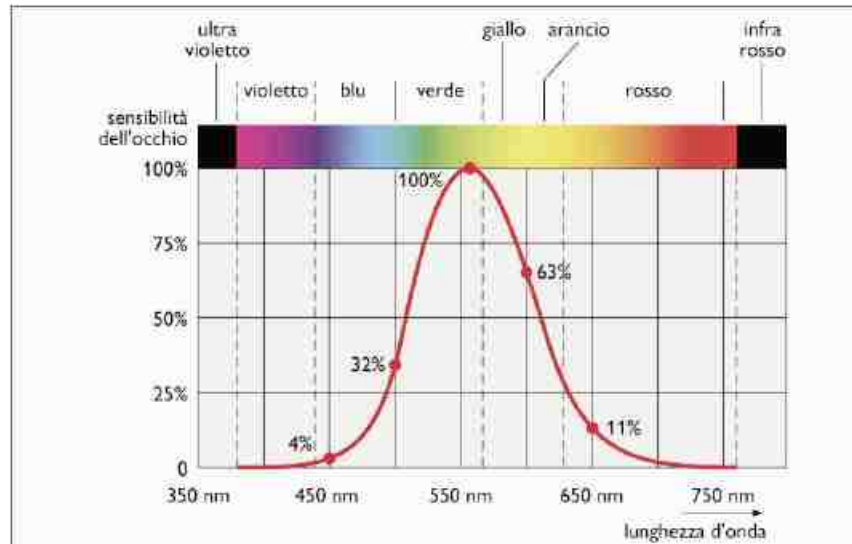


Fig. 1. Curva di visibilit  con la lunghezza d'onda

La visibilit  massima si ha alla lunghezza d'onda di 555 nm, corrispondente come detto ad una luce giallo verde. Viene definito flusso luminoso, nel caso di una radiazione monocromatica il prodotto tra la visibilit  e la potenza emessa, ossia

$$\phi = v(\lambda) \cdot W(\lambda)$$

dove $W(\lambda)$ e' la potenza emessa dalla sorgente e $v(\lambda)$ la visibilit , entrambe alla lunghezza d'onda λ

In caso di una sorgente che emette insieme piu' lunghezze d'onda monocromatiche, si avr 

$$\phi = \int_{-\infty}^{\infty} v(\lambda) \cdot W(\lambda) d\lambda$$

Segue che il flusso luminoso irradiato da una sorgente puntiforme alla lunghezza d'onda di 555 nm ed alla potenza di un watt viene imposto essere pari a 684 lumen, unit  di misura del flusso stesso.

Una volta definito il flusso ϕ possono definirsi altre grandezze derivate, come:

- Illuminamento E , che e' il flusso ricevuto dall'unit  di una superficie e si misura in lumen/m²
- Intensit  I , che e' il flusso emesso in un certo intervallo di angolo solido, che si misura in lumen/steradiani o candele
- la radianza, che e' invece il flusso emesso da una sorgente per unit  di superficie in lumen/m²

- la luminanza, che e' il rapporto tra l'intensita' luminosa e l'area apparente, su cui posa la radiazione, ovvero l'area reale proiettata sul piano perpendicolare alla direzione di radiazione e si misura in cd/m^2

Per i nostri scopi a noi interessano solo le prime due grandezze, ossia il flusso, che l'illuminamento.

Il calcolo del flusso luminoso da applicare ad una sorgente artificiale per ottenere un certo illuminamento su una superficie in un ambiente

Se l'illuminamento E e' dato da:

$$E = \frac{\phi_{Tot}}{S}$$

con S superficie illuminata, si puo' definire il Fattore di Utilizzazione il rapporto tra il flusso utile ed il flusso totale di una sorgente primaria, ovvero:

$$u = \frac{\phi_u}{\phi_{Tot}}$$

per capire meglio quanto detto, se consideriamo un apparecchio luminoso con riflettore, la sorgente primaria e' la lampadina, mentre il flusso utile viene creato dal riflettore dell'apparecchio , di cui la lampadina fa parte.

L'illuminamento combinando le due formule diventa:

$$E = \frac{u\phi_{Tot}}{S}$$

Se consideriamo anche le cause, che incidono negativamente nel tempo sul flusso luminoso (sorgente primaria non piu' nei valori nominali e deterioramento degli accessori dell'apparecchio), e' opportuno introdurre un certo coefficiente di manutenzione o deprezzamento d , per cui l'ultima formula diviene:

$$E = \frac{u\phi_{Tot}d}{S}$$

Il flusso totale diventa allora:

$$\phi_{Tot} = \frac{E \cdot S}{u \cdot d}$$

Se il flusso totale e' il flusso di un apparecchio luminoso per il numero degli apparecchi, ossia:

$$\phi_{Tot} = n_{app} \cdot \phi_{app}$$

ed otteniamo alla fine:

$$n_{app} = \frac{E \cdot S}{u \cdot d \cdot \phi_{app}}$$

Arrivati a questo punto occorre definire la geometria del locale, con h, altezza utile dal piano di lavoro alla sorgente artificiale, altezza reale H, la distanza dal piano di lavoro e il soffitto e a e b le larghezze delle pareti della stanza, supposta a forma di parallelepipedo.

Si definiscono gli indici del locale i, come segue:

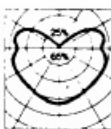
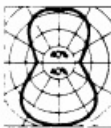
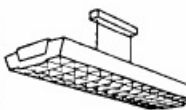
- per illuminazione diretta

$$i = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h}$$

- per illuminazione indiretta

$$i = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot H}$$

Una volta definiti gli indici di locale si può passare a consultare le tabelle che danno il fattore di utilizzazione, in funzione dei coefficienti di riflessione delle pareti e del soffitto e quindi del fattore di manutenzione, per vari range di indici di locale. Avuti quindi il fattore di manutenzione e quello di utilizzazione, è finalmente possibile calcolare o il flusso totale ϕ_{Tot} nel caso di un apparecchio luminoso, o il numero di apparecchi, mediante la conoscenza del flusso per ogni apparecchio. Nella Tabella 1, i dati per ottenere il fattore di utilizzazione u e quello di manutenzione d.

Curva fotometrica	Indice del locale	Coefficiente di utilizzazione								Fattore di manutenzione b m n		
	J	0,28	0,22	0,18	0,26	0,21	0,18	0,20	0,17	Plafoniera nuda o con coppa diffondente  0,80 0,70 0,60		
	I	0,35	0,29	0,25	0,33	0,27	0,24	0,26	0,24			
	H	0,39	0,33	0,30	0,37	0,32	0,28	0,30	0,27			
	G	0,45	0,38	0,33	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30			
	F	0,49	0,42	0,37	0,43	0,39	0,34	0,37	0,33			
	E	0,56	0,50	0,44	0,49	0,44	0,40	0,42	0,38			
	D	0,60	0,55	0,50	0,53	0,48	0,44	0,47	0,44			
	C	0,64	0,59	0,54	0,56	0,51	0,47	0,50	0,47			
	B	0,68	0,62	0,59	0,61	0,56	0,53	0,54	0,52			
A	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60	0,58	0,57				
	J	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17	Diffusore  0,75 0,70 0,65		
	I	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21			
	H	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24			
	G	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26			
	F	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28			
	E	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30			
	D	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33			
	C	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36			
	B	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38			
A	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41				
	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28	Riflettore a fascio largo  0,75 0,65 0,55		
	I	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38			
	H	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43			
	G	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47			
	F	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50			
	E	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56			
	D	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61			
	C	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62			
	B	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66			
A	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67				
	J	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30	Riflettore a fascio medio  0,75 0,65 0,55		
	I	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37			
	H	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41			
	G	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46			
	F	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50			
	E	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54			
	D	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57			
	C	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59			
	B	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62			
A	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63				
Fattore di riflessione pareti		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%			
Fattore di riflessione soffitto		75%			50%			30%				

(*) b = pulizia frequente
A i = 4,50 ÷ 6,00
B i = 3,50 ÷ 4,50
C i = 2,75 ÷ 3,50

m = pulizia mediocre
D i = 2,25 ÷ 2,75
E i = 1,75 ÷ 2,25
F i = 1,38 ÷ 1,75

n = pulizia scarsa
G i = 1,12 ÷ 1,38
H i = 0,90 ÷ 1,12
I i = 0,70 ÷ 0,90
J i = 0,50 ÷ 0,70

Tabella 1. Ricerca del fattore di utilizzazione u

A mo' di esercizio abbiamo un ambiente di lati $a=4$ mt., $b=4$ mt. e di altezza utile della superficie utile $S=2$ m² di $h= 1.5$ mt., con illuminazione diretta. Si vuole un illuminamento sulla superficie S di 300 lux, con illuminazione diretta.

Si calcola innanzi tutto l'indice del locale pari a $i = \frac{4 \times 4}{(4 + 4) \times 1,5} = 1,3$

Dalla Tabella 1, si suppone un coefficiente di riflessione del soffitto pari a 0,75, per le pareti a 0,50 ed un fattore di manutenzione medio, pari a 0,7. Con questi dati, osservando che l'indice del locale appartiene alla categoria G, si trova che il fattore

di utilizzazione, per illuminazione diretta (l'ultimo esempio nella Tabella 1) e' pari a 0,53.

Per questo si ha che il flusso e' pari a:

$$\phi_{Tot} = \frac{300 \times 2}{0,53 \times 0,7} = 1617 \text{ lumen},$$

il quale puo' anche ripartirsi in due lampade con flusso pari a 808 lumen l'una.

Il valore sembra un po' alto, ma ricordiamo che abbiamo usato per il soffitto e le pareti bassi coefficienti di riflessione e che l'apparecchio ha avuto una manutenzione di tipo medio.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Paolo.carlizza:fisica-tecnica-illuminazione-artificiale-di-interni>"