

Tra le grandezze caratteristiche del campo luminoso è importante ricordare la :

LUMINANZA (L)

Unità di misura: candele al metro quadrato (cd/m^2)

Indica l'intensità luminosa emessa in una determinata direzione da una superficie luminosa o illuminata (sorgente secondaria di luce).

In altri termini esprime l'effetto di luminosità che una superficie produce sull'occhio umano, sia essa sorgente primaria (lampada o apparecchio di illuminazione) o secondaria (piano di un tavolo che riflette la luce).

A volte nel campo visivo ho un contrasto di luminanza (rapporto tra candele e superficie percepita dall'occhio)

A questo concetto si può legare la nozione di

Tempo di Adattamento dell'occhio (restringimento della pupilla), che indica l'adattamento visivo al campo di luminanza, è utile per verificare il funzionamento del cervello.

Non è dannoso per il sistema visivo un livello alto di luminanza, ma un ambiente scuro con zone di luce molto chiare, quest'ultima indica la situazione di maggior stress visivo, la pupilla si dilata e la profondità del campo si riduce.

L'occhio è sensibile alla luminanza (grandezza energetica che noi percepiamo), non all'illuminamento.

Bisogna regolare i rapporti di luminanza (contrasto) in modo da evitare effetti abbaglianti.

SORGENTI LUMINOSE ARTIFICIALI

Lo sviluppo di nuove tecnologie ha consentito di realizzare una gamma notevole di lampade, destinate alle più disparate applicazioni. Tuttavia, le sorgenti luminose elettriche possono classificarsi in due grandi categorie:

- 1- A irradiazione per effetto termico (lampade ad incandescenza).
- 2- A scarica nei gas e nei vapori (lampade fluorescenti, a vapori di mercurio, di sodio).

Per la scelta del tipo di lampada è necessario tenere conto delle seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale : condiziona il flusso luminoso ed il proporzionamento dell'impianto dal punto di vista elettrico (sezione conduttori, tipi di protezione...)
- Efficienza luminosa e decadimento del flusso luminoso durante il funzionamento, durata di vita media e costo della lampada : questi fattori condizionano l'economia di gestione dell'impianto. L'efficienza luminosa indica il rapporto tra il flusso emesso, espresso in lumen, e la potenza elettrica assorbita, espressa in watt.

Esprime il rendimento di una lampada o di un apparecchio di illuminazione. Quindi, tanto maggiore è l'efficienza luminosa tanto più economico è l'esercizio della sorgente luminosa.

- Resa cromatica : condiziona il maggiore o minore apprezzamento dei colori rispetto l'osservazione alla luce naturale. La buona resa dei colori da parte di una sorgente artificiale di luce è condizionata quindi dal fatto che essa emetta tutti i colori dello spettro. Se dovesse mancare un colore qualsiasi, questo non potrebbe essere riflesso. Questo fattore viene determinato confrontando la luce emessa dalla lampada in esame con la luce di una sorgente campione avente la stessa temperatura di colore. A tale scopo vengono usati otto colori, di caratteristiche ben definite. Osservandoli (o misurandone le radiazioni) prima con la sorgente campione e poi con quella in prova si determina il grado di scostamento di colore.

L'indice di resa cromatica è quindi un valore numerico che raffronta la resa cromatica di una lampada con quella della luce presa come campione e con indice 100. In base a questo criterio si classificano le sorgenti artificiali di luce.

- Temperatura di colore : condiziona la tonalità di luce. Si dice che una lampada fornisce luce “calda” o “fredda” se prevalgono radiazioni luminose di colore rossastro o azzurrino. E’ una valutazione del colore delle sorgenti luminose e viene adottata dai costruttori di lampade. Essa definisce semplicemente il colore della luce. Un legame tra temperatura e colore comunque esiste. Per stabilire rapporti più precisi tra temperatura e colore i fisici hanno deciso di prendere come campione un corpo perfettamente nero, ossia una sorgente ideale di luce avente la proprietà di emettere in tutte le zone dello spettro il massimo dell’energia raggiante e di assorbire completamente l’energia radiante che lo colpisce. La temperatura alla quale deve essere portata affinché emetta una luce simile a quella della sorgente luminosa in esame si identifica con il termine “temperatura di colore”. La temperatura di colore si misura in gradi Kelvin (K).
- Dimensioni di ingombro: condizionano la costruzione degli apparecchi di illuminazione (direzionalità del fascio luminoso, costo...).

PRINCIPALI SORGENTI LUMINOSE

LAMPADE AD INCANDESCENZA

Un sottile filamento di tungsteno a semplice o doppia spirale, viene portato a incandescenza dal passaggio della corrente elettrica. Affinchè non bruci viene racchiuso in un palloncino di vetro (bulbo) nel quale viene praticato il vuoto o introdotto un gas inerte (azoto, argo, cripton, ecc.). Il primo caso (vuoto) riguarda le lampade di piccola potenza, il secondo (gas inerte) le lampade di media e grande potenza.

La vita media delle lampade ad incandescenza è di 1000 ore, alla tensione nominale.

Campi di impiego:

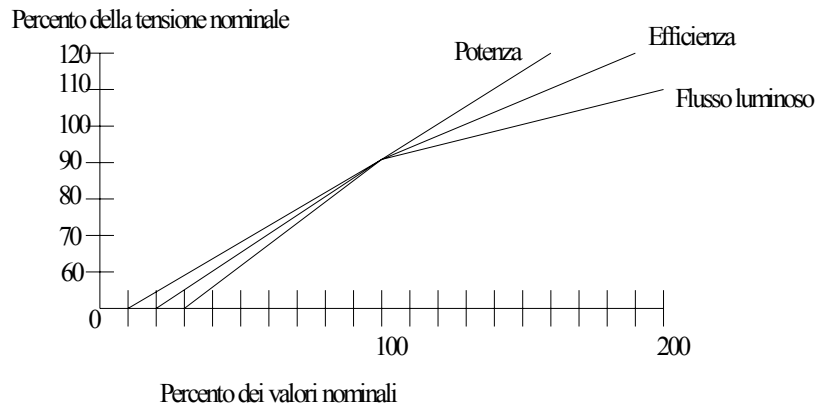
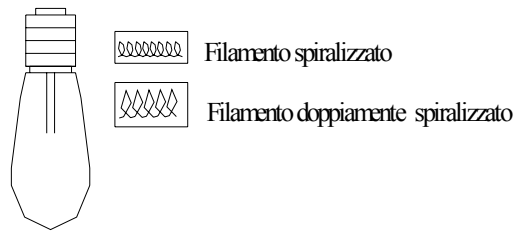
per illuminazione generale e localizzata di interni (case di abitazione, uffici, negozi, ecc.). Per lampade normali, di impiego più generalizzato (100-300 W), è opportuno non superare i 374 metri di altezza (negozi, uffici, scuole, ecc.). Per altezze superiori orientarsi verso altri tipi di sorgenti luminose.

Vantaggi :

- elevata resa cromatica
- accensione immediata
- ingombro limitato
- basso costo
- nessuna limitazione per la posizione di funzionamento

Svantaggi :

- bassa efficienza luminosa
- costi di esercizio elevati
- elevata produzione di calore
- elevata luminanza con relativo abbagliamento (100/200 cd/m)
- limitata durata di vita media (1000 ore, alla tensione nominale)



Il grafico soprastante rappresenta gli effetti della variazione percentuale della tensione di alimentazione sulle caratteristiche di funzionamento delle lampade ad incandescenza.

Da questo si possono trarre le seguenti affermazioni:

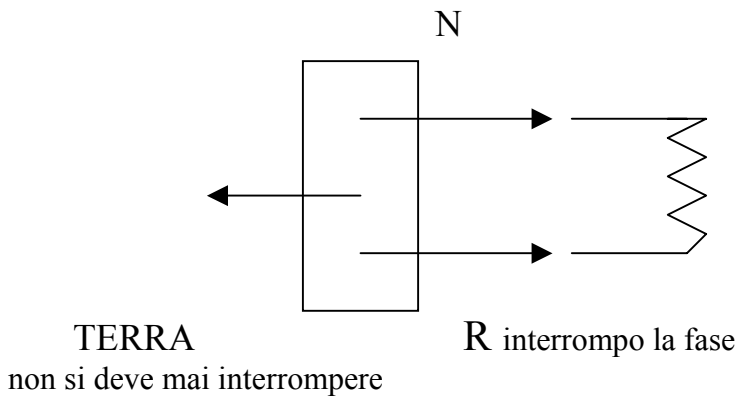
- alimentando la lampada a tensione inferiore alla nominale diminuisce sensibilmente il flusso luminoso.
- alimentando la lampada a tensione superiore alla nominale si riduce sensibilmente la loro durata.

A livello di sicurezza elettrica:

- non è opportuno appendere la lampada al filo di alimentazione, occorre una guaina isolante, interruttore posto sulla fase collegata al morsetto centrale del porta lampade.
- Per ogni “centro luce” deve essere sempre previsto il conduttore di protezione per la messa a terra delle parti metalliche degli apparecchi di illuminazione (classe I). La messa a terra non è richiesta per gli apparecchi di classe O e di classe I.

- L'impiego di interruttori unipolari è ammesso solamente ai circuiti bipolari per impianti di illuminazione in luoghi asciutti o per potenze non superiori a 1000 W.

Impianto monofase costituito dal neutro e la fase che è stata assegnata.



L'interruttore è sulla fase che deve andare sul bulbo centrale della lampadina.
Gli interruttori doppi danno più sicurezza rispetto a quelli singoli.

LAMPADE A SCARICA NEI GAS

Le lampade a scarica nei gas costituiscono un gruppo molto vasto: comprende le lampade fluorescenti tubolari, le lampade a vapore di mercurio o di sodio ed i tubi utilizzati per le insegne luminose.

I principi di funzionamento, le caratteristiche costruttive, il tipo di luce emessa ed i campi applicativi variano notevolmente da tipo a tipo di lampada, tuttavia esse hanno in comune il fenomeno del passaggio della corrente elettrica in un gas. Altri problemi comuni a questi tipi di lampade sono i dispositivi per innescare e stabilizzare la scarica, il rifasamento e l'eliminazione dell'effetto straboscopico.

Dal punto di vista igienico non sono il massimo perché fanno uscire una dose di raggi ultravioletti.

Scarica nei gas

L'interno del tubo di scarico è rivestito da un sottile strato di polveri fluorescenti. Nel tubo viene posto vapore di mercurio a bassa pressione: quando la lampada viene alimentata il mercurio emette radiazioni ultraviolette invisibili, le quali colpiscono lo strato di polveri fluorescenti.

Si supponga di avere un tubo di vetro o di quarzo ai capi del quale sono posti due elettrodi. Nel tubo viene praticato il vuoto e poi introdotta una piccola quantità di gas o di vapori metallici. Applicando agli elettrodi una differenza di potenziale sufficientemente elevata, parte degli atomi che costituiscono il gas od il vapore si scindono in *elettroni* (cariche negative) ed in *ioni* (cariche positive); gli elettroni si spostano velocemente verso l'elettrodo positivo e gli ioni verso l'elettrodo negativo. Non tutti gli atomi però si dissociano. Allorché gli elettroni liberi urtano contro gli atomi non ancora dissociati, dalla collisione si liberano altri elettroni che in parte si uniscono al flusso diretto verso l'anodo ed in parte tornano ad associarsi agli atomi da cui sono stati allontanati. L'energia che questi ultimi cedono nel tornare nell'orbita del proprio atomo dà

luogo al fenomeno di “luminescenza” (proprietà dei gas e dei vapori di emettere luce se eccitati da cariche elettriche).

A seconda dell'uso della lampada se ne consigliano certi tipi o altre.

La resa cromatica e la temperatura di colore dipendono dalle polveri fluorescenti poste all'interno dei tubi.

Rifasamento

L'adozione di alimentatori provoca uno sfasamento tra la corrente assorbita dalle lampade a scarica nei gas e la tensione di alimentazione (fenomeno che non si verifica nelle lampade ad incandescenza essendo il carico pressochè di tipo resistivo).

Il rifasamento può essere:

- *centralizzato*: si utilizza un solo condensatore di capacità adeguata (o batteria di condensatori) posto a monte di tutte le lampade. Questo sistema viene adottato nel caso di grandi impianti (capannoni industriali, magazzini, ecc.);
- *singolo*: gli alimentatori delle singole lampade sono muniti di apposito condensatore. Esso può essere inserito in derivazione alla linea (rifasamento in parallelo), oppure in serie (circuiti capacitivo e super-rifasato). Se al circuito capacitivo se ne aggiunge un altro induttivo si realizza un circuito bilampada rifasato, denominato “DUO”. Questo circuito consente di realizzare impianti costituiti da numerose lampade nei quali il condensatore è montato alternativamente, una lampada sì e una no. Inoltre, un eventuale disservizio, conseguente al cortocircuito di un condensatore, non interessa tutto l'impianto. Si ha infine il vantaggio di correggere l'effetto stroboscopico.

Effetto stroboscopico

Le lampade a scarica nei gas danno luogo all'effetto stroboscopico: oggetti in rapido movimento, rettilineo o circolare, sembrano fermi o muoversi a scatti. Tale effetto può dar luogo ad infortuni sul lavoro.

Causa del fenomeno è la corrente alternata con la quale sono alimentate le lampade: essa si estingue due volte per periodo, quando corrente e tensione passano per lo zero (le lampade ad incandescenza non ne risentono per l'inerzia termica del filamento). Se l'intervallo tra uno sprazzo e l'altro di luce è uguale al tempo in cui un oggetto in rotazione compie un giro, tale oggetto appare come se fosse fermo; se gli sprazzi sono più frequenti l'oggetto appare come se girasse indietro.

LAMPADE TUBOLARI FLUORESCENTI

L'interno del tubo di scarica è rivestito da un sottile strato di polveri fluorescenti. Nel tubo viene posto vapore di mercurio a bassa pressione: quando la lampada viene alimentata il mercurio emette radiazioni ultraviolette invisibili le quali colpiscono lo strato di polveri fluorescenti dando luogo a radiazioni visibili.

Il flusso luminoso dipende dal tipo delle polveri fluorescenti, dalla loro purezza, dalla struttura e dimensione dei cristalli.

In relazione alle modalità di accensione si hanno i seguenti tipi di lampade fluorescenti:

- a catodo caldo preriscaldato;
- a catodo caldo non preriscaldato;
- a catodo freddo.

- Campi di impiego:

Illuminazione generale civile ed industriale. E' opportuno che l'altezza di montaggio non

superi i 4/6 metri (6/8 metri per lampade ad alta emissione).

- Vantaggi:

Buona efficienza luminosa (da 4 a 6 volte rispetto alle lampade ad incandescenza) e quindi economici costi di esercizio; bassa luminanza, tale da ridurre sensibilmente il problema dell'abbagliamento; buona ed ottima resa cromatica (a seconda dei tipi); elevata durata di vita media (6000-9000 ore).

Nessuna limitazione per la posizione di funzionamento.

- Svantaggi:

Impiego di apparecchiature ausiliare per l'innesco della scarica (alimentatori e starter); grandi dimensioni di ingombro; costo da 10 a 15 volte (a seconda dei tipi e compreso alimentatore e starter) rispetto una lampada ad incandescenza di pari potenza.

LAMPADE PER INSEGNE LUMINOSE

Sono lampade a catodo freddo. I tubi sono molto lunghi; i diametri possono essere di 13 – 17 – 22 mm. Gli elettrodi sono costituiti da semplici e piccoli cilindretti di ferro elettrolitico e di nichel-cromo.

Secondo il gas introdotto si hanno colori diversi:

neon: rosso-arancione

mercurio: azzurro-verdastro

elio: rosa

sodio: giallo

La potenza assorbita varia da 20 a 30 watt per metro e la efficienza luminosa si aggira sui 7 lm/W. La durata media si aggira sulle 10000 ore ed oltre.

La tensione di alimentazione si può ritenere da 800 a 1000 V per metro (a secondo del tipo e del diametro del tubo). Le disposizioni legislative in materia di prevenzione infortuni sul lavoro prescrivono la limitazione della tensione di alimentazione a 6000 V. Pertanto, se l'insegna è molto lunga (superiore ad esempio a 6-7 metri), è necessario ricorrere a più alimentatori.

LAMPADE A VAPORE DI MERCURIO

Sono costituite da un piccolo tubo di quarzo contenente vapore di mercurio ad alta pressione ed un gas inerte (argon), per facilitare la scarica. Ai due estremi sono posti gli elettrodi, di cui due principali ed uno o due ausiliari.

Il tubo di quarzo – detto anche *tubo di scarica* – viene racchiuso in un bulbo di vetro per isolarlo dall'ambiente esterno. Il bulbo non solo assorbe le radiazioni ultraviolette(dannose agli occhi), che danno luogo a formazioni di ozono nell'aria, ma serve pure a migliorare la qualità della luce qualora sia rivestito interamente di polveri fluorescenti.

La forma del bulbo, detta *isotermica*, è appositamente studiata per consentire una uniforme distribuzione della temperatura su tutta la superficie. Esistono però anche lampade di forma cilindrica.

Le lampade a vapore di mercurio possono essere a bulbo fluorescente, con riflettore incorporato, a luce miscelata e ad alogenuri

- Campi di impiego:

Per illuminazione generale di grandi edifici industriali (officine, magazzini, depositi, ecc.).

- Vantaggi:

Ottima efficienza luminosa; media luminanza; discreta e buona resa cromatica (secondo i tipi), piccole dimensioni di ingombro e buona durata di vita media (6000 – 9000 ore).

- Svantaggi:
Impiego di apparecchiature ausiliarie per innesco della scarica. Accensione non immediata: 4-5 minuti per avere la massima emissione luminosa. Costo elevato, ammortizzabile però nel corso dell'esercizio grazie alla buona efficienza luminosa ed alla durata.

Si hanno diversi tipi di lampade a vapore di mercurio:

- con bulbo fluorescente,
- con bulbo fluorescente e riflettore incorporato,
- a luce miscelata,
- ad alogenuri.

LAMPADE A VAPORE DI SODIO

Sono lampade utilizzate per l'illuminazione stradale. Possono essere a bassa e ad alta pressione. Quelle a bassa pressione sono di forma lineare. Da fredda si accende subito, quando è calda fa più fatica.

Sono costituite da un tubo ripiegato su se stesso a forma di U, riempito con una miscela di gas inerti (ad esempio neon) ai quali è aggiunta una certa quantità di sodio. Quando la lampada è fredda il sodio si deposita lungo il tubo in forma di goccioline; sotto l'effetto della scarica il sodio passa allo stato gassoso.

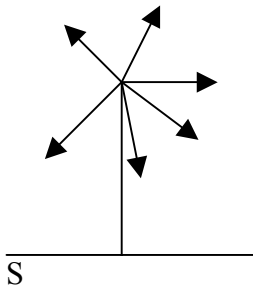
Alle estremità del tubo sono fissati gli elettrodi rivestiti di sostanze in grado di emettere elettroni. Il tubo è munito di prominente che fungono da pozzetti di raccolta del sodio e da "punti freddi" per neutralizzare la tendenza del sodio, durante la condensazione, a trasferirsi verso la curvatura del tubo. Per ridurre la quantità di calore trasmesso all'esterno, il tubo ad U viene racchiuso in un'ampolla di vetro nella quale è praticato il vuoto.

- Campi di impiego:
Illuminazione stradale e in genere per segnalare situazioni di pericolo.
- Vantaggi:
Elevatissima efficienza luminosa e notevole durata di vita media (6000 ore); media luminanza.
- Svantaggi:
Impiego di apparecchiature ausiliarie per l'alimentazione.

E' molto importante capire come si fa a valutare quale livello di illuminamento causano sulle superfici e quale è l'effetto luminoso.

Illuminamento (E) = rapporto tra flusso luminoso e superficie locale. Non tiene conto del fatto che una quota di questo flusso va verso l'alto.

$$E = \frac{\phi}{S}$$



Curva fotometrica = caratteristica di distribuzione dell'apparecchio di illuminazione.
Illuminazione che va verso il soffitto = illuminazione indiretta del locale.

Fattore di utilizzazione (u) = numero minore di 1 che dipende dalle caratteristiche della lampada. Dipende anche da che fine fa la luce quando va in direzione strana.
Dipende dall'apparecchio d'illuminazione e dalle caratteristiche del locale.

$$E = \frac{\phi}{S} \cdot u$$

Fattore di manutenzione (m) = numero minore di 1.

$$E = \frac{\phi}{S} \cdot u \cdot m$$

Illuminamento = rapporto tra flusso luminoso e superficie del locale moltiplicato per il prodotto tra fattore di utilizzazione e fattore di manutenzione.

Fattore u = dipende dall'apparecchio d'illuminazione e dal locale.

Locale = dipende dal fattore geometrico (K) indice del locale, e dal coefficiente di Riflessione.

Coefficiente di riflessione = dipende dalle pareti e dal soffitto.

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Hanno un'emissione diretta che può venire rappresentata con curve fotometriche.

Tipi di illuminazione:

- Diretta = il flusso luminoso è diretto verso il basso.
- Semi diretta = il flusso luminoso è diretto in gran parte verso il basso ed in parte verso l'alto.
- Mista = il flusso luminoso è pressochè distribuito uniformemente verso il basso e verso l'alto.
- Semi indiretta = il flusso luminoso è diretto verso l'alto.
- Indiretta = il flusso luminoso è prevalentemente diretto verso l'alto.
- Generale
- Localizzata
- Supplementare

TRASMISSIONE DELLA LUCE

- Riflessione = si definisce un coefficiente di riflessione che rappresenta la quantità di energia che viene riflessa.
- Trasmissione
- Assorbimento
- Rifrazione
- Di tipo speculare = tipica di specchi e metalli lucidati.
- Diffusa

Il grado di tonalità dipende dal grado di assorbimento.

Il tipo di riflessione può essere: *regolare, diffuso, misto*.

Il fattore geometrico K dipende dalle caratteristiche dell'ambiente.

Sono note due formule per due tipi differenti di illuminazione:

- con luce prevalentemente diretta;
- con luce prevalentemente indiretta.

Siano:

h = distanza tra la lampada e il piano di lavoro.

H = distanza tra il piano di lavoro e il soffitto.

$h < H$

a, b = dimensione del locale

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad \text{luce diretta, semi diretta, mista}$$

$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot H \cdot (a + b)} \quad \text{luce semi indiretta o indiretta}$$

ESERCIZIO:

$$h = 4\text{m}$$

$$a = 10\text{m}$$

$$b = 8\text{m}$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{80}{4 \cdot 18} = \frac{80}{72} = 1,125 \quad u = 0,45$$

$$E = \frac{\phi}{S} \cdot u \cdot m = \frac{2500 \cdot 15}{10 \cdot 8} \cdot 0,45 \cdot 0,80 = 169 \text{LUX} \left[\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} \right]$$

$$E = \frac{\phi \cdot N}{S} \cdot u \cdot m \quad N = \frac{E \cdot S}{\phi \cdot u \cdot m} = \frac{500 \cdot 80}{2500 \cdot 0,45 \cdot 0,80} = 44 \text{lampade}$$