

Capitolo 3

Grandezze fotometriche

3.1 Intensità luminosa

È una grandezza vettoriale di simbolo I . Ha come unità di misura la *candela*(cd). La candela è l'unità di misura fondamentale del sistema fotometrico. L'intensità luminosa esprime la concentrazione di luce in una direzione specifica, radiata per secondo. Essa può essere definita come flusso luminoso radiato in una certa direzione per unità di angolo solido (vedi fig 3.1). L'intensità luminosa emessa in ogni direzione da una sorgente luminosa, la cui distribuzione sia uniforme in tutte le direzioni, è uguale al rapporto tra il flusso luminoso e 4π (che è l'angolo solido che comprende tutto lo spazio attorno ad un punto). La relazione fondamentale è

$$I = E \cdot D^2$$

in cui : D = distanza in metri fra la sorgente e la superficie illuminata;

E = illuminamento in lux

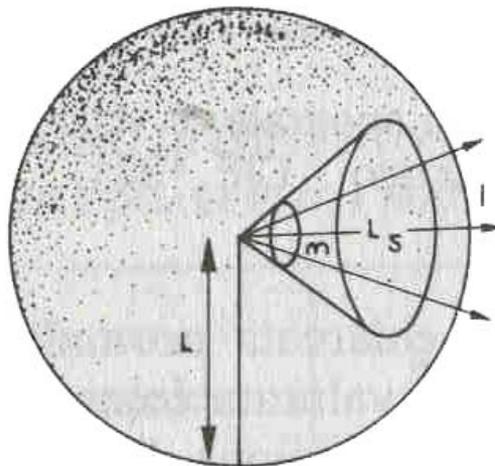


figura 3.1

3.2 Flusso luminoso

E' una grandezza scalare di simbolo ϕ . L'unità di misura è il *lumen* (lm) e corrisponde al flusso luminoso emesso entro l'angolo solido unitario da una sorgente puntiforme avente un'intensità luminosa di una candela. La relazione fondamentale è

$$\phi = E \cdot A$$

in cui: E = illuminamento (lux)

A = superficie in m²

Il flusso luminoso è un flusso energetico "pesato" secondo la sensibilità spettrale dell'occhio umano: l'occhio, infatti, tramuta in sensazione visiva le radiazioni che lo colpiscono, con intensità proporzionale alla sua sensibilità, rappresentata dalla curva di figura 3.2 :

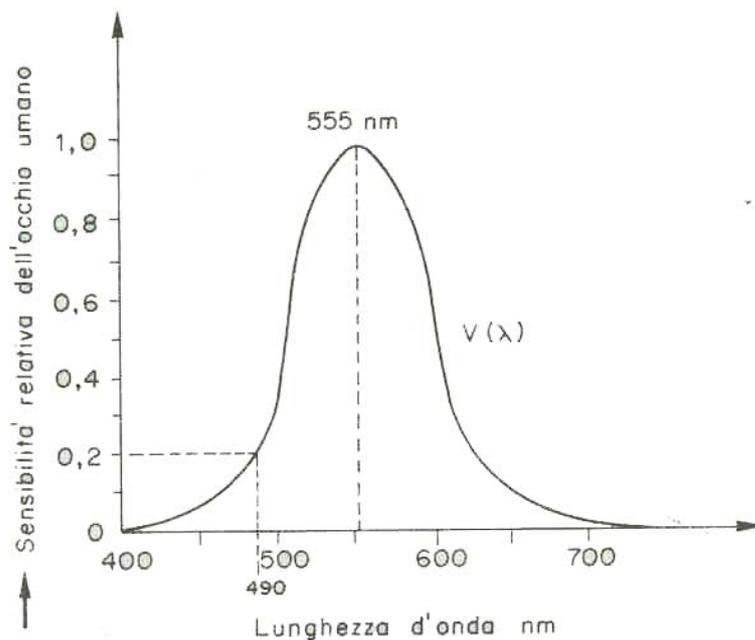


figura 3.2

La curva in figura, chiamata normalmente $V(\lambda)$, è stata valutata come media delle risposte ottenute da un campione di osservatori in condizioni di luminosità superiori ad un certo minimo (visione fotopica). La massima sensibilità dell'occhio, nelle suddette condizioni, si ha in corrispondenza dei 555 nm: un watt di potenza radiante con questa lunghezza d'onda equivale ad un flusso luminoso di 683 lm. Un watt di

potenza radiante con diversa lunghezza d'onda da luogo quindi ad un flusso luminoso minore. Ad esempio a 490 nm, dove la sensibilità dell'occhio è 0.2 , fatta uguale a 1 quella a 555 nm (vedi figura 3.2), il flusso luminoso corrispondente è $0.2 \cdot 683 = 137$ lm . Al di sotto di 380 nm e al di sopra di 760 nm la sensibilità dell'occhio è nulla, e pertanto nullo il flusso luminoso prodotto dalle radiazioni di dette lunghezze d'onda.

3.3 Illuminamento

E' una grandezza scalare di simbolo E. E' il flusso luminoso incidente su una superficie di area unitaria. Unità di misura è il *lux* (lm/m²) e corrisponde all'illuminamento prodotto da un flusso di 1 lumen distribuito in modo uniforme su una superficie di 1 m² (figura 3.3) :

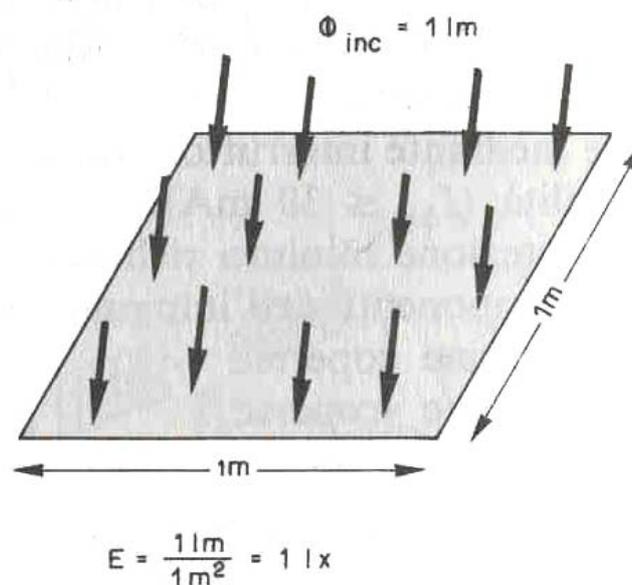


figura 3.3

La relazione fondamentale è : l'illuminamento è inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Se la superficie è perpendicolare alla direzione dei raggi luminosi : $E = I / D^2$

Se invece la superficie è inclinata si ha: $E = (I \cdot \cos \theta) / D^2$

dove θ = angolo di incidenza, compreso tra la direzione dei raggi luminosi e la normale alla superficie. In realtà questa legge è valida solo per sorgenti puntiformi.

Nella pratica, comunque, essa può ritenersi valida, con buona approssimazione, quando la distanza tra la sorgente e il punto in questione è almeno 5 volte più grande della dimensione maggiore della sorgente.

Inoltre detti ϕ = flusso incidente su una data superficie e A = area in m^2 :

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

L'illuminamento medio prodotto su una superficie risulta essere la media dei valori che l'illuminamento assume nei vari punti della superficie e cioè :

$$E_{medio} = \sum_{i=1}^n \frac{E_{p_i}}{n} = \frac{E_{p_1} + E_{p_2} + \dots + E_{p_n}}{n}$$

Ad esempio un campo di calcio il cui illuminamento orizzontale medio sia 500 lux su un'area di $68 \cdot 105 = 7140 m^2$, riceve un flusso luminoso di $500 \cdot 7140 = 3570000 lm$. Il flusso luminoso emesso dalle lampade che illuminano il campo deve essere superiore al suddetto valore, per tenere conto del flusso assorbito all'interno dei proiettori e di quello disperso al di fuori del campo di gioco.

Illuminamenti prescritti	
Tipo di attività/ambiente	Illuminamenti medi di esercizio
Spazio pubblico in contesto buio (all'aperto)	20-30-50 lux
Orientamento per brevi visite temporanee	50-100-150 lux
Spazio di lavoro all'interno del quale i compiti che richiedono l'impegno della vista sono svolti solo occasionalmente	100-150-200 lux
Esecuzione di lavori visivi su materiali: <ul style="list-style-type: none"> ■ Ad elevato contrasto o grandi dimensioni ■ A medio contrasto o piccole dimensioni ■ A basso contrasto o dimensioni molto piccole ■ A basso contrasto o dimensioni molto piccole per periodi di tempo prolungati 	200-300-500 lux 500-750-1000 lux 1000-1500-2000 lux 1500-2000-3000 lux
Svolgimento di lavori visivi impegnativi e prolungati (illuminazione localizzata)	5000-10000-15000 lux
Svolgimento di lavori visivi molto speciali eseguiti su materiale a basso contrasto e di piccole dimensioni (illuminazione localizzata)	10000-30000 lux e oltre

3.4 Luminanza

E' una grandezza vettoriale di simbolo L . L'unità di misura è cd/m^2 . La luminanza è il limite del rapporto fra l'intensità luminosa prodotta in una data direzione da un elemento di superficie e la proiezione dell'elemento di superficie su un piano normale alla direzione stessa. E' quindi una grandezza che dipende dalla posizione dell'osservatore. La luminanza è la grandezza fotometrica che stimola la percezione visiva e sarebbe perciò corretto riferirsi a questa grandezza nell'eseguire i calcoli fotometrici; essa è tuttavia difficile da determinare, essendo funzione dei fattori di riflessione dell'ambiente, che variano sia nel tempo che nello spazio. Per questo motivo si fa riferimento ai valori di illuminamento, di più facile misura e determinazione, che vengono raccomandati tenendo conto dei fattori di riflessione medi degli oggetti e superfici generalmente presenti negli ambienti delle diverse categorie. La luminanza di una superficie perfettamente diffondente è legata

all'illuminamento dalla seguente espressione :
$$L = \rho \frac{E}{\pi}$$

dove L è la luminanza, ρ è il fattore di riflessione diffusa, E l'illuminamento.

Luminanza di alcune sorgenti luminose

	cd/m ²
Tubo fluorescente da 40 W	7000÷15000
Cielo chiaro	4000
Candela comune	5000
Lampada al sodio a bassa pressione	20000
Lampada ad incandescenza da 40 W	$5 \cdot 10^6$
Lampada ad incandescenza da 100 W	$6 \cdot 10^6$
Lampada ad incandescenza da 1000 W	$12 \cdot 10^6$
Lampada a vapore di mercurio a media pressione	$3 \cdot 10^6 \div 10 \cdot 10^6$
Lampada a vapore di mercurio ad altissima pressione	$3 \div 17 \cdot 10^8$
Arco di carbone 100 A	$1.3 \cdot 10^8$
Sole	$1.65 \cdot 10^9$

