

FONDAMENTI DI ILLUMINOTECNICA: LE GRANDEZZE FOTOMETRICHE

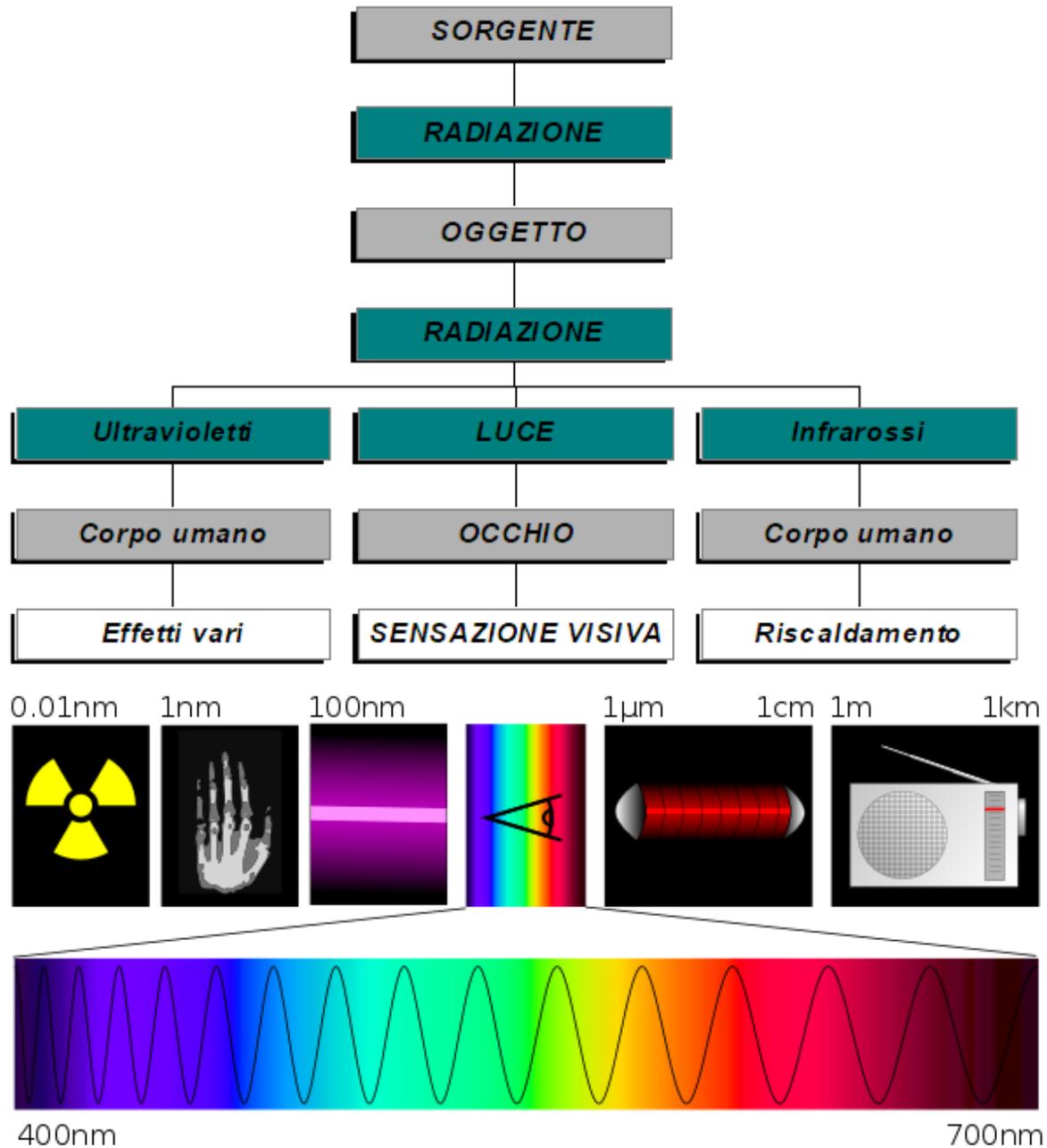
Prof. Ing. Marco Frascarolo

Università degli studi RomaTre

Dipartimento di Architettura

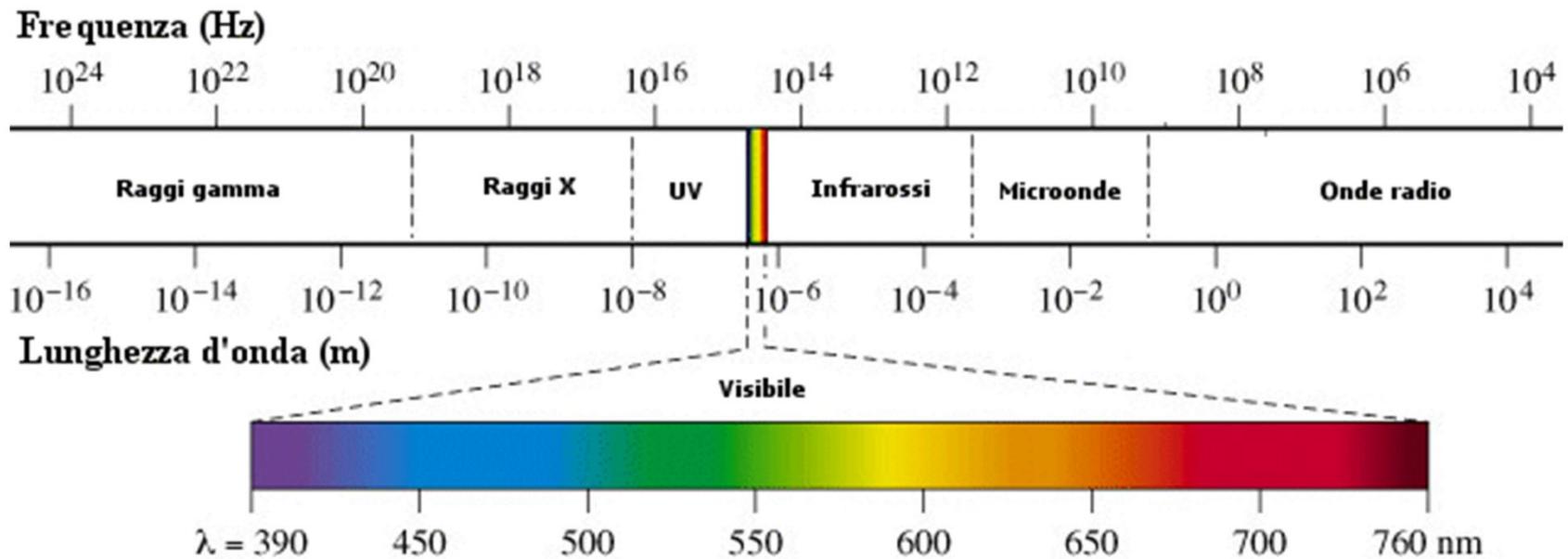
FENOMENO DELLA VISIONE

FENOMENO DELLA VISIONE

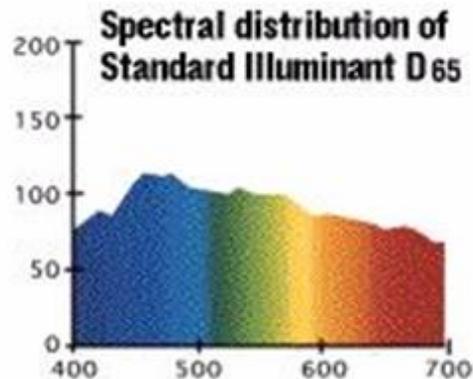


LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

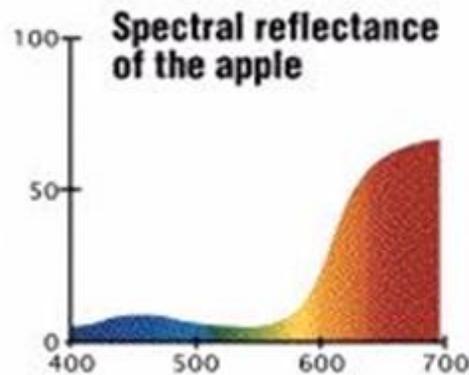
Lo spettro delle onde elettromagnetiche, è l'intervallo di tutte le possibili radiazioni elettromagnetiche. La figura mostra tutte le possibili radiazioni dalle più brevi ed energetiche, i raggi gamma, alle più lunghe, le onde radio.



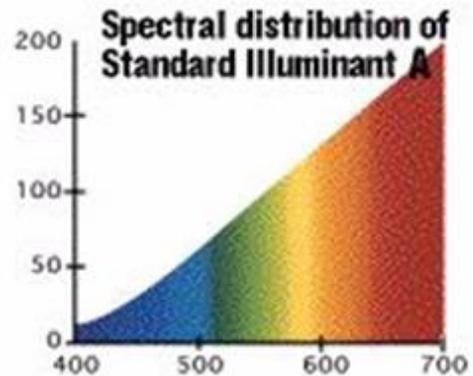
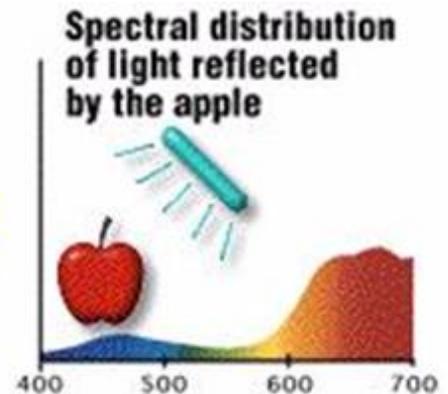
PERCEZIONE VISIVA DELLE CARATTERISTICHE CROMATICHE DI UN OGGETTO



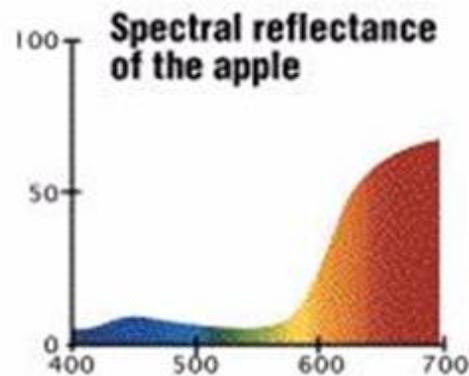
×



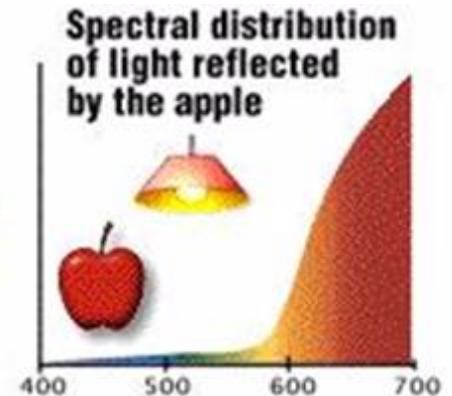
=



×

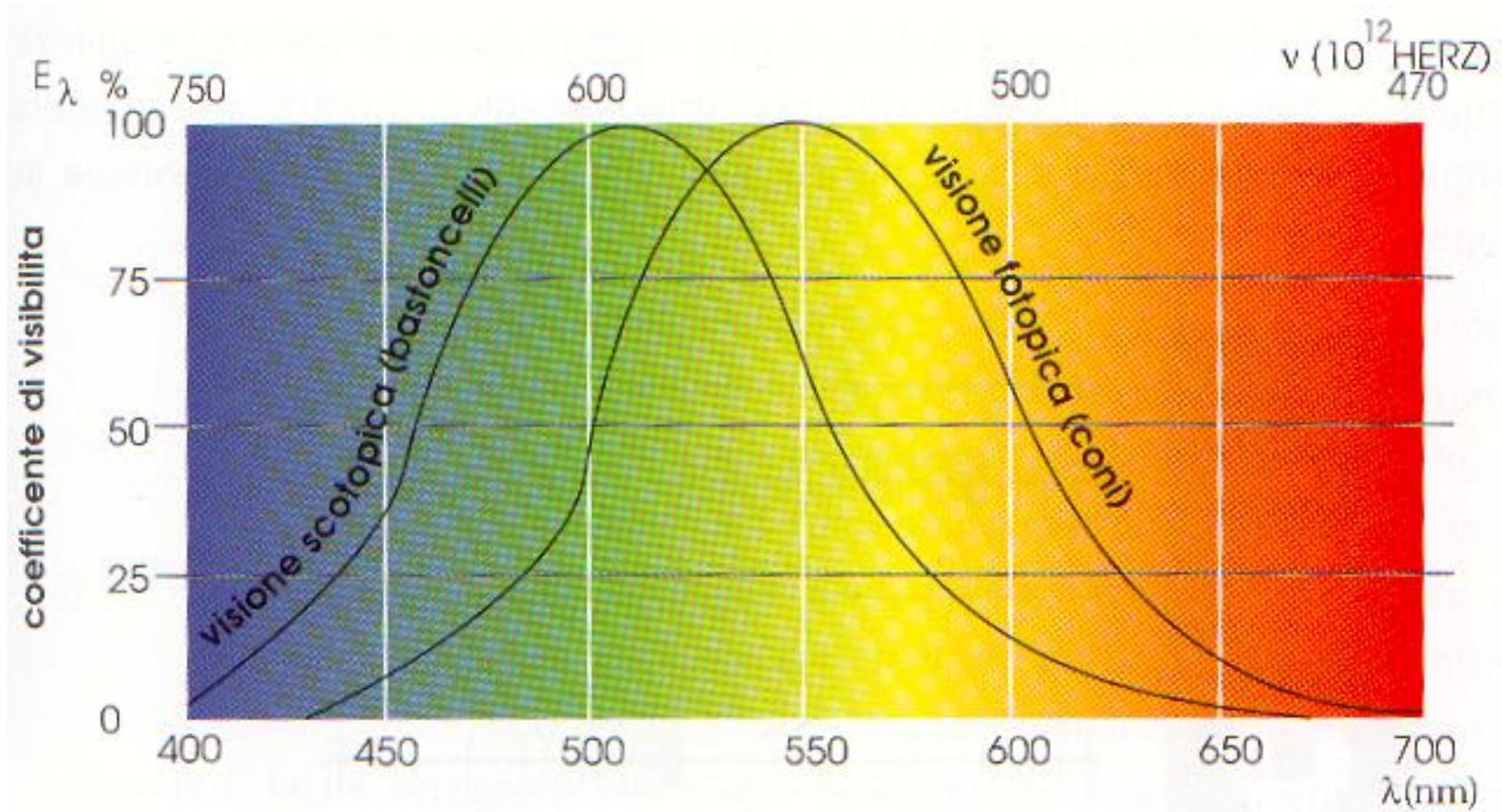


=



SENSIBILITA' SPETTRALE DELL'OCCHIO UMANO

La CURVA DI VISIBILITA' indica la risposta dell'occhio umano a radiazioni monocromatiche corrispondenti a diverse lunghezze d'onda.



VISIONE FOTOPICA E VISIONE SCOTOPICA

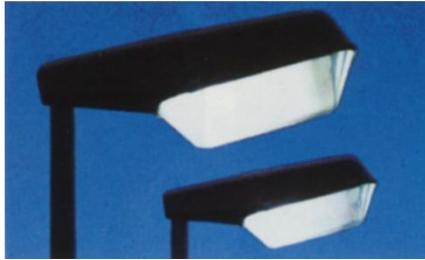
VISIONE FOTOPICA



da 100.000 lux
a 50.000 lux



VISIONE MESOPICA



da 50 lux
a 3 lux



VISIONE SCOTOPICA



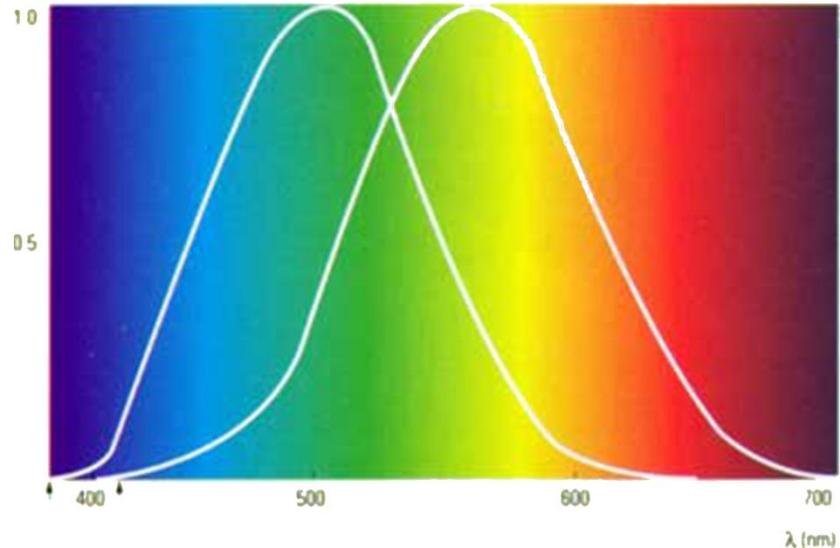
da 0.1 lux
a 0.01 lux



LE GRANDEZZE FOTOMETRICHE

LA FOTOMETRIA

La FOTOMETRIA diviene una scienza nel **1942** quando la C.I.E (Commission International d'Eclairage - Commissione internazionale dell'illuminazione) definisce la risposta dell'occhio umano medio agli stimoli elettromagnetici compresi fra 380 – 780 nm (campo del visibile). Viene quindi individuata la CURVA di VISIBILITA', ovvero come varia la risposta dell'occhio umano in funzione della lunghezza d'onda.



I pittori nell'800 osservavano come un campo di fiori fosse diverso alle differenti ore del giorno:

GIORNO: si vedono di più i fiori gialli (555 nm alte λ sono più sensibili i coni)

NOTTE (crepuscolo): si vedono di più i fiori verdi (510 nm basse λ sono più sensibili i bastoncelli).

Le GRANDEZZE FOTOMETRICHE sono importanti perché a differenza delle GRANDEZZE RADIOMETRICHE (che valutano solo l'energia) tengono conto della soggettività della percezione.

LE GRANDEZZE FOTOMETRICHE

Sorgente di radiazioni
EMITTENTE

INTENSITA' LUMINOSA
cd

FLUSSO LUMINOSO
lm

RADIANZA
Cd/mq

Ricettore di radiazioni
RICEVENTE

ILLUMINAMENTO
Lm (mq)

LUMINANZA
Cd/mq

2.1 Il flusso luminoso (Φ)

Il flusso luminoso è la grandezza fotometrica che misura l'intensità della sensazione luminosa legandola alla potenza dello stimolo. Per radiazioni monocromatiche si può scrivere, per quanto detto nel capitolo precedente:

$$\Phi_v = K(\lambda) P(\lambda) \quad (1)$$

Il flusso luminoso policromatico è legato all'energia raggiante emessa nel campo del visibile. Ammettendo la sommabilità dei flussi monocromatici parziali, si ha:

$$\Phi_v = \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \frac{dP(\lambda)}{d\lambda} K(\lambda) d\lambda$$

dove $\frac{dP(\lambda)}{d\lambda}$ è la potenza energetica emessa per lunghezza d'onda. L'unità di misura del flusso è il lumen (lm).

⁽¹⁾Per semplicità nel seguito del testo si ometterà l'indice v accanto ai simboli in quanto, salvo indicazioni contrarie, si farà sempre riferimento al campo visibile.

Il FLUSSO LUMINOSO è il prodotto, integrato nel campo del visibile, fra la potenza della radiazione monocromatica emessa λ e il fattore di visibilità relativa.

$$\Phi = K_m \int_{380nm}^{780nm} \Phi_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

$\Phi_{e,\lambda}$ = flusso energetico in un piccolo intervallo di lunghezza d'onda λ

$V(\lambda)$ = fattore di visibilità relativa

K_m = costante per passare dai watt ai lumen (683 lm/w)

Si misura **in lumen (lm)**.

Il FLUSSO LUMINOSO rappresenta “QUANTA LUCE ESCE DALL’APPARECCHIO” ma non mi da indicazioni sulla direzione.

2.2 L'intensità luminosa (I)

L'intensità luminosa esprime il flusso luminoso emesso da una sorgente infinitesima, supposta puntiforme, nell'angolo solido elementare $d\omega$ attorno ad una data direzione r . Si ha dunque:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

L'unità di misura è la *candela* (cd), definita come "l'intensità luminosa emessa in una data direzione da una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} Hz ($\lambda = 555$ nm) e con intensità energetica in quella direzione di $1/683$ W/sr. La ragione della scelta di quella particolare frequenza risiede nel fatto che ad essa corrisponde il massimo di sensazione di visibilità [$K(\lambda) = K_{\max}$]. Si ha pertanto:

$$1 \text{ cd} = K_{\max} \frac{1}{683} \frac{\text{W}}{\text{sr}}$$

da cui discende che:

$$K_{\max} = 683 \text{ cd sr W}^{-1}$$

e, poiché per la definizione di intensità luminosa (I) è $1 \text{ cd sr} = 1 \text{ lm}$, in conclusione:

$$K_{\max} = 683 \text{ lm W}^{-1}$$

L'INTENSITA' LUMINOSA

L' INTENSITA' LUMINOSA è il rapporto fra il flusso luminoso infinitesimo emesso dalla sorgente luminosa in una data direzione e l'angolo solido infinitesimale associato a quella direzione.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (\text{cd} = \text{lm/sr})$$

Si misura **in candele (cd)**.

L' INTENSITA LUMINOSA rappresenta il flusso (“ QUANTA LUCE ESCE DALL'APPARECCHIO”) in una determinata direzione cioè “ COME ILLUMINO”.

Quindi se dall' INTENSITA' luminosa voglio trovare il FLUSSO LUMINOSO devo moltiplicare l'intensità per l'angolo solido.

IL SOLIDO FOTOMETRICO

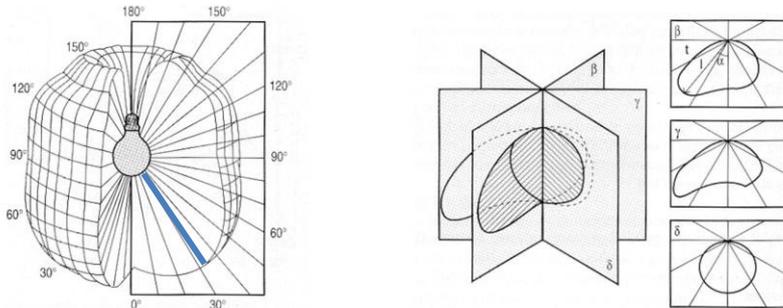


Figura geometrica determinata dal luogo dei punti di segmenti aventi lunghezza proporzionale all'intensità luminosa in quella direzione e centro nella sorgente.

La CURVA FOTOMETRICA ed è la curva ottenuta dall'intersezione del solido fotometrico con un piano.

2.3 L'illuminamento (E)

L'illuminamento in un dato punto di una superficie, è definito come il rapporto tra il flusso luminoso incidente sulla superficie elementare nell'intorno del punto considerato e la superficie elementare stessa.

$$E = d\Phi/dA$$

sul piano orizzontale, essendo $dA_0 = r^2 d\omega / \cos \alpha$ (fig. 2.1a), l'illuminamento si può anche esprimere:

$$E_0 = \frac{d\Phi}{d\omega} \frac{1}{r^2} \cos \alpha; \quad E_0 = \frac{d\Phi}{d\omega} \frac{1}{h^2} \cos^3 \alpha \quad \text{essendo } z = \frac{h}{\cos \alpha}$$

e cioè:

$$E_0 = I_\alpha \frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$$

b)

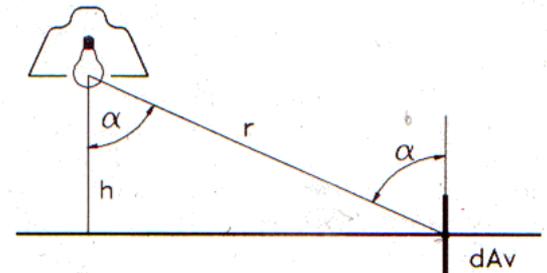


Fig. 2.1a/b.

L'ILLUMINAMENTO

L' ILLUMINAMENTO di un punto P di una superficie si riferisce al flusso ricevuto da un elemento infinitesimale che contiene il punto:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2)$$

Si misura **in lux (lm/m²)**.

Densità del flusso luminoso che colpisce una superficie.

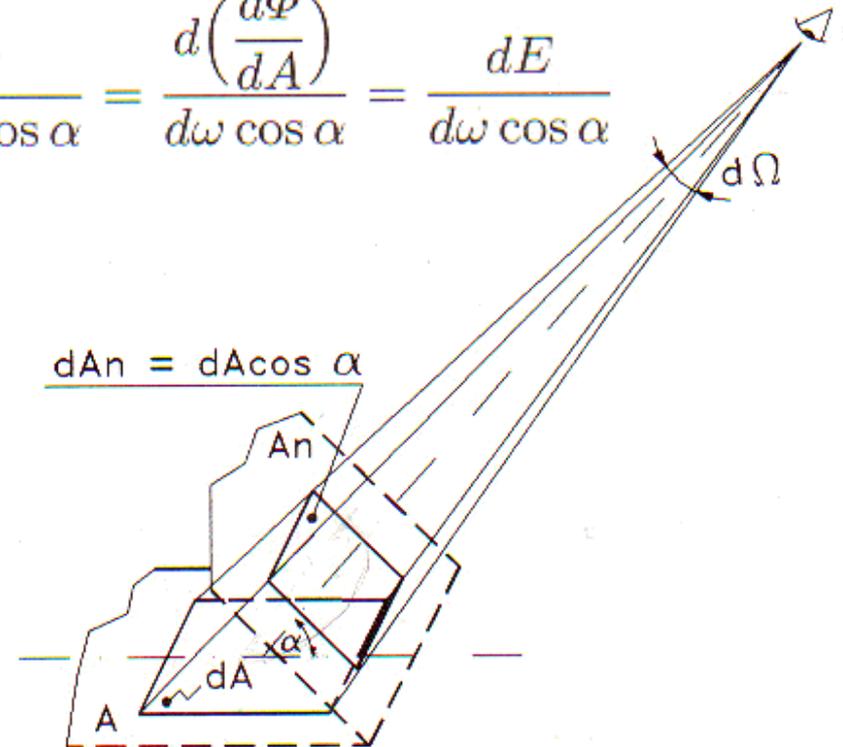
NB: non dipende solo dal flusso luminoso ma anche dalla SUPERFICIE illuminata e dalla sua posizione.

2.4 La luminanza (L)

La luminanza in un punto di una superficie, in una certa direzione, è il rapporto tra l'intensità luminosa emessa in quella direzione e la superficie emittente proiettata su un piano perpendicolare alla direzione stessa (fig. 2.2).

L'espressione della luminanza è:

$$L = \frac{dI}{dA \cos \alpha} = \frac{d\left(\frac{d\Phi}{d\omega}\right)}{dA \cos \alpha} = \frac{d^2\Phi}{d\omega dA \cos \alpha} = \frac{d\left(\frac{d\Phi}{dA}\right)}{d\omega \cos \alpha} = \frac{dE}{d\omega \cos \alpha}$$



LA LUMINANZA

La LUMINANZA di un punto P di una superficie luminosa, osservata in una direzione, si riferisce all'intensità irradiata per unità di superficie apparente:

$$L = E \frac{\rho}{\pi}$$

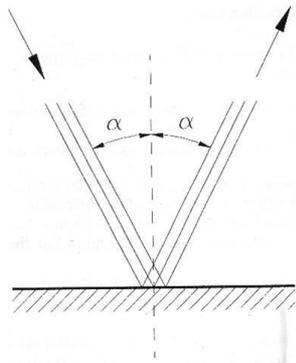
← *Fattore di riflessione*

Si misura in **Nit (cd/m²)**.

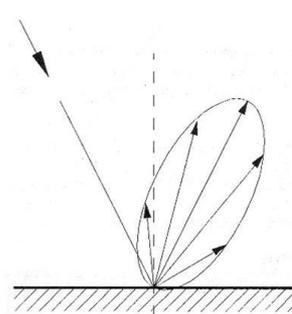
Quantità di luce che “ VIENE REINVIATA AL MIO OCCHIO ” da una superficie.

NB: dipende dal tipo di superficie. La stessa luce in una stanza bianca e in una nera fa lo stesso effetto? E' solo una questione di percezione?

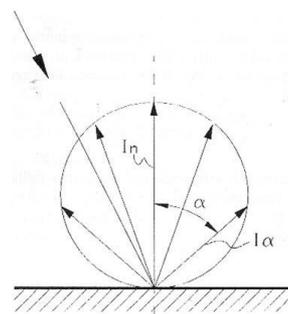
FATTORE DI RIFLESSIONE



Riflessione speculare



Riflessione semidiffusa



Riflessione diffusa

IL FATTORE DI RIFLESSIONE



Coefficienti di riflessione

Tabella con i coefficienti di riflessione relativi a diversi colori. I valori riportati sono in %

Colore	Fattore riflessione %	Materiale	Fattore riflessione %
Bianco	70-85	Vernice bianca	87-88
Grigio chiaro	45-65	Alluminio, anodizzato lucido	75-87
Grigio	25-40	Alluminio, anodizzato opaco	75-84
Grigio scuro	10-20	Contros. fonoass. bianco, forato	60-80
Nero	5	Marmo, bianco	60-70
Giallo	65-75	Malta, chiara	35-50
Bruno giallastro	30-50	Calcestruzzo, chiaro	30-40
Marrone scuro	10-25	Calcestruzzo scuro	15-25
Verde chiaro	30-55	Arenaria, chiara	30-40
Verde scuro	10-25	Arenaria, scura	15-25
Rosa	45-60	Granito	15-25
Rosso chiaro	25-35	Mattoni, chiari	20-30
Rosso scuro	10-20	Mattoni, scuri	10-15
Celeste	30-55	Legno, chiaro	30-50
Blu	10-25	Legno, scuro	10-25
		Acciaio inox	55-65
		Vetro chiaro	7
		Vetro riflettente	20-30
		Vetro colorato	7
		Erba	6-10
		Vegetazione	25

Corso di Illuminotecnica
Metodo del flusso totale
prof. Marco Frascarolo

FONDAMENTI DI ILLUMINOTECNICA: METODI DI CALCOLO

METODI DI CALCOLO

I principali Metodi di calcolo illuminotecnico sono:

Per la luce artificiale:

- Il metodo del flusso totale
- Il metodo punto a punto

Per la luce naturale:

- Il Fattore di luce diurna (FLD)

IL METODO DEL FLUSSO TOTALE

Il metodo del flusso totale è permette il pre-dimensionamento di un impianto illuminotecnico.

E' importante perché:

- Permettono di applicare in un esercizio pratico le grandezze fotometriche
- E' un utile strumento progettuale per dimensionare un progetto
- Può essere usato parallelamente ai software come strumento di verifica e controllo degli output di calcolo

Non si può usare sempre ma solo in impianti con:

- Compito visivo uniforme
- Caratteristiche geometriche regolari

Flusso luminoso totale

Caratteristiche dell'ambiente

Illuminamento risultante

$$\Phi_{\text{tot}} = A \times E_m / (u \times \eta \times d)$$

Φ_{tot} , flusso emesso da tutte le lampade

A, area della superficie illuminata

E_m , illuminamento medio sulla superficie

d, coefficiente di deprezzamento

u, coefficiente di utilizzazione

η , rendimento dell'apparecchio



Illuminamento medio

Tabella, relativa all'illuminamento E, abbagliamento G, Indice di Resa Cromatica R_a
(tratta dalla norma UNI 12464)

Tabella 5.3: Uffici

N.rif.	Tipo di interno, compito o attività	E_m lx	UGR _L	R_a	Note
3.0	Uffici				
3.1	Archiviazione, fotocopie, ecc.	300	19	80	
3.2	Scrittura, battitura testi, lettura, elaborazione dati	500	19	80	Lavoro con apparecchiature video : vedi punto 4.11
3.3	Disegno tecnico	750	16	80	
3.4	Stazioni di lavoro CAD	500	19	80	Lavoro con apparecchiature video : vedi punto 4.11
3.5	Sale convegni e sale riunioni	500	19	80	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile
3.6	Ricevimento	300	22	80	
3.7	Archivio	200	25	80	

U

Coefficiente di utilizzazione

Metodo del flusso totale:

calcolo del coefficiente di utilizzazione u

Indice del locale

$$i = a \times b / h \times (a + b)$$

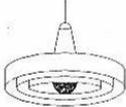
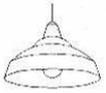
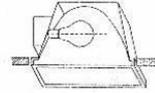
a, b dimensioni in pianta del locale

h altezza della sorgente sul piano di lavoro

r_f coefficiente di riflessione del pavimento

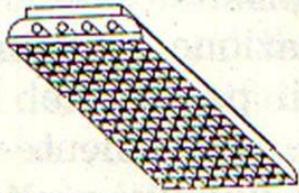
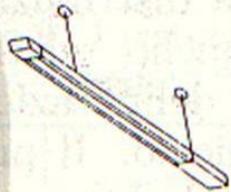
r_c coefficiente di riflessione del soffitto

r_w coefficiente di riflessione delle pareti

Tipo di apparecchio	r_c	80		70		50		30		10		0					
	r_w	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0			
	i	Fattore di utilizzazione															
Sfera diffondente per lampada ad incandescenza 	A	.26	.19	.15	.24	.18	.14	.21	.16	.12	.17	.13	.10	.14	.11	.08	.07
	B	.33	.27	.21	.31	.25	.20	.27	.21	.19	.22	.18	.14	.18	.14	.12	.10
	C	.40	.32	.27	.37	.30	.25	.31	.25	.21	.26	.21	.18	.21	.17	.14	.12
	D	.45	.37	.32	.42	.35	.29	.35	.30	.25	.29	.25	.21	.23	.20	.17	.14
	E	.52	.44	.38	.48	.41	.36	.40	.35	.31	.33	.29	.26	.27	.24	.21	.18
	F	.60	.53	.48	.55	.50	.45	.47	.42	.38	.39	.35	.32	.31	.29	.26	.23
	G	.71	.66	.62	.65	.61	.58	.55	.52	.49	.46	.44	.42	.38	.36	.34	.30
	H	.87	.87	.87	.81	.81	.81	.70	.70	.70	.59	.59	.59	.49	.49	.49	.45
	Lampadario ad anelli concentrici con lampada ad incandescenza tipo BOWL 	A	.28	.22	.18	.24	.19	.16	.17	.14	.11	.10	.09	.07	.04	.03	.03
B		.36	.30	.25	.32	.26	.23	.22	.19	.16	.14	.12	.10	.06	.05	.04	.01
C		.43	.36	.32	.37	.32	.28	.26	.23	.20	.16	.14	.12	.06	.06	.05	.01
D		.48	.42	.37	.42	.37	.33	.29	.26	.23	.18	.16	.15	.07	.06	.06	.02
E		.55	.49	.45	.47	.43	.39	.33	.30	.28	.20	.19	.17	.08	.07	.07	.02
F		.63	.58	.54	.54	.50	.47	.38	.35	.33	.23	.22	.20	.09	.09	.08	.02
G		.72	.69	.66	.62	.60	.57	.43	.42	.40	.26	.25	.25	.10	.10	.10	.03
H		.83	.83	.83	.72	.72	.72	.50	.50	.50	.30	.30	.30	.12	.12	.12	.03
Riflettore smaltato con lampada ad incandescenza 		A	.35	.28	.23	.34	.28	.23	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.32	.26	.23
	B	.44	.37	.31	.44	.36	.31	.42	.36	.31	.41	.35	.31	.40	.34	.30	.29
	C	.52	.44	.39	.51	.44	.38	.49	.43	.38	.47	.42	.37	.46	.41	.37	.35
	D	.58	.51	.45	.57	.50	.45	.55	.49	.44	.53	.48	.44	.51	.47	.43	.41
	E	.66	.59	.54	.65	.59	.53	.62	.57	.53	.60	.56	.52	.58	.54	.51	.49
	F	.76	.70	.65	.74	.69	.65	.71	.67	.63	.69	.65	.62	.66	.63	.60	.59
	G	.87	.84	.81	.85	.82	.79	.82	.79	.77	.79	.76	.74	.76	.74	.72	.71
	H	.99	.99	.99	.97	.97	.97	.93	.93	.93	.89	.89	.89	.85	.85	.85	.83
	Faretto ad incasso con lampada tipo PAR 	A	.59	.56	.55	.59	.56	.55	.58	.56	.54	.58	.56	.54	.57	.55	.54
B		.61	.61	.59	.61	.61	.59	.62	.60	.58	.62	.60	.58	.61	.59	.58	.57
C		.67	.64	.62	.66	.63	.62	.65	.63	.61	.64	.62	.61	.63	.61	.60	.59
D		.69	.66	.64	.68	.66	.64	.67	.65	.63	.66	.64	.63	.64	.63	.62	.61
E		.71	.69	.67	.71	.68	.67	.69	.67	.66	.67	.66	.65	.66	.65	.64	.63
F		.74	.72	.71	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.69	.68	.67	.67	.66	.66	.65
G		.78	.77	.75	.76	.75	.74	.74	.73	.72	.71	.70	.70	.69	.68	.68	.67
H		.82	.82	.82	.80	.80	.80	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.69
Apparecchio a fascio largo con lampada a luce fredda 		A	.26	.22	.20	.26	.22	.20	.26	.22	.20	.25	.22	.20	.25	.22	.19
	B	.33	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.28	.26	.31	.28	.26	.30	.27	.25	.24
	C	.38	.34	.30	.37	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.34	.32	.29	.28
	D	.42	.38	.35	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.36	.33	.37	.35	.33	.32
	E	.46	.42	.40	.45	.42	.39	.44	.41	.39	.42	.40	.38	.41	.39	.37	.36
	F	.51	.48	.46	.50	.48	.45	.48	.46	.44	.47	.45	.43	.45	.44	.42	.41
	G	.57	.55	.54	.56	.54	.53	.54	.52	.51	.52	.51	.50	.50	.49	.48	.47
	H	.63	.63	.63	.62	.62	.62	.59	.59	.59	.57	.57	.57	.54	.54	.54	.53

u

Coefficiente di utilizzazione

Tipo di apparecchio	r_c	80			70			50			30			10			0
	r_w	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
	i	Fattore di utilizzazione															
Plafoniera a quattro lampade fluorescenti con riflettore superiore 	A	.24	.21	.19	.24	.21	.19	.23	.20	.18	.23	.20	.18	.23	.20	.18	.18
	B	.29	.26	.23	.29	.26	.23	.28	.25	.23	.28	.25	.23	.27	.24	.33	.22
	C	.33	.30	.27	.33	.29	.27	.32	.29	.27	.31	.28	.26	.30	.28	.26	.25
	D	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.34	.31	.29	.33	.31	.29	.28
	E	.40	.37	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.33	.37	.35	.33	.36	.34	.32	.32
	F	.44	.42	.40	.43	.41	.39	.42	.40	.38	.40	.39	.37	.39	.38	.37	.36
	G	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.43	.42	.42	.41
	H	.55	.55	.55	.54	.54	.54	.51	.51	.51	.49	.49	.49	.47	.47	.47	.46
Apparecchio con lampada fluorescente per illuminazione indiretta 	A	.26	.21	.17	.23	.19	.15	.17	.14	.12	.12	.10	.08	.07	.06	.05	.03
	B	.34	.22	.23	.24	.35	.22	.23	.19	.16	.16	.13	.12	.09	.08	.07	.04
	C	.40	.34	.30	.35	.30	.26	.26	.23	.20	.18	.16	.14	.10	.09	.08	.05
	D	.45	.39	.35	.40	.35	.31	.30	.26	.24	.20	.18	.17	.11	.10	.10	.06
	E	.51	.46	.42	.45	.41	.37	.33	.30	.28	.23	.21	.19	.13	.12	.11	.07
	F	.58	.54	.50	.51	.48	.44	.38	.36	.34	.26	.24	.23	.14	.14	.13	.08
	G	.67	.64	.61	.59	.56	.54	.43	.42	.41	.29	.29	.28	.17	.16	.16	.10
	H	.77	.77	.77	.68	.68	.68	.50	.50	.50	.34	.34	.34	.19	.19	.19	.12

A → $i = 0.5 \div 0.7$

C → $i = 0.9 \div 1.2$

E → $i = 1.4 \div 1.7$

G → $i = 2.7 \div 4$

B → $i = 0.7 \div 0.9$

D → $i = 1.2 \div 1.4$

F → $i = 1.7 \div 2.7$

H → $i = 4 \div 6$

u

Coefficiente di utilizzazione

NB: nella pratica professionale si può approssimare ad i seguenti coefficienti

CASI OTTIMALI

Ambiente chiaro, sorgente performante 0,6 -0,55

CASI INTERMEDI

Ambiente non molto scuro, sorgente mediamente performante 0,45

CASI INEFFICACI

Ambiente scuro, sorgente inefficace 0,3

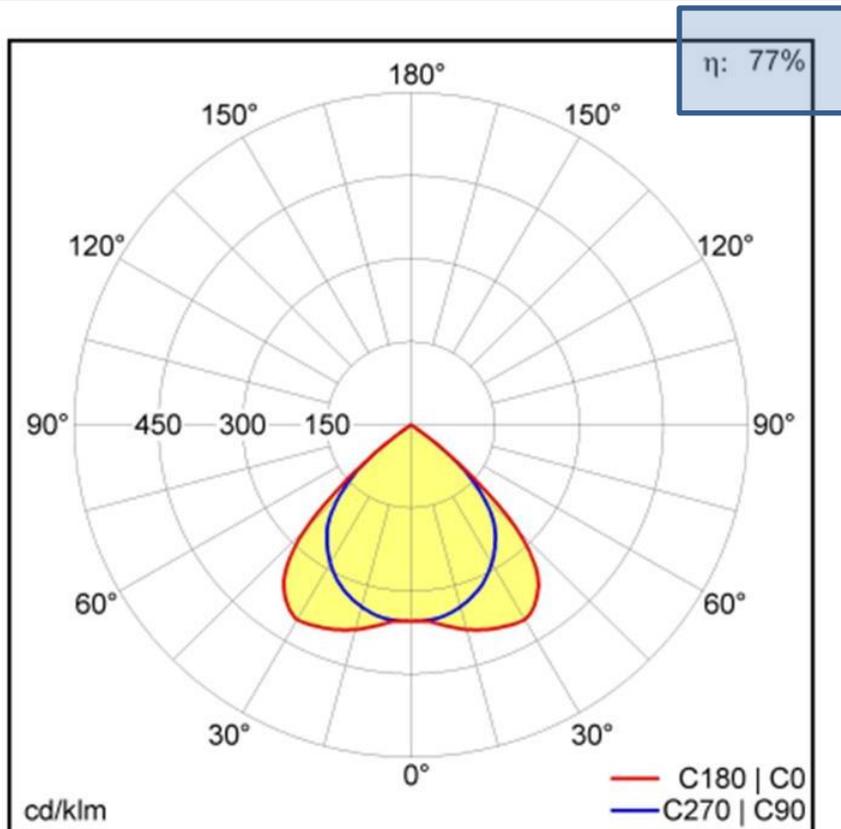
Per illuminazione **INDIRETTA** si può supporre uguale ad 0,2

η

Rendimento

Distribuzione luminosa

STD - standard



$\eta: 77\%$

- Lampade: 1 x T16 / 54W
- Flusso luminoso totale degli apparecchi: 3409 lm
- Efficienza apparecchio: 59 lm/W
- Indice di resa cromatica min.: 80
- Reattore: EVG digital Tridonic PCA T5 EXCEL one4all Ip
- Potenza impegnata: 58 W $\Lambda = 0.98$
- Dimming: LDE dimming fino a 1%
- CELMA EEI: A1
- Categoria di manutenzione: C - Riflettore chiuso in alto

d

Coefficiente di deprezzamento

$$d = d_{\text{lampada}} \times d_{\text{apparecchio}}$$

Fattore di decadimento dell'apparecchio

<i>Tipo di manutenzione</i>	<i>Atmosfera sporca</i>	<i>Atmosfera pulita</i>
Frequente	0,85	0,95
Normale	0,80	0,90
Scarsa	0,75	0,85

Fattore di decadimento delle lampade

Incandescenza	0,90
Tubo fluorescente	0,88
Vapori di sodio	0,85
Vapori di mercurio	0,85
Luce miscelata	0,86

IL METODO DEL FLUSSO TOTALE APPLICATO AD I SISTEMI LED

$$\Phi_{\text{tot}} = A \times E_m / (u \times MF)$$

Φ_{tot} , flusso emesso da tutte le lampade

A, area della superficie illuminata

E_m , illuminamento medio sulla superficie

u, coefficiente di utilizzazione

MF, fattore di manutenzione

$\eta = 1$ perché il flusso dichiarato è quello emesso
dalla sorgente (si supera la dicotomia
apparecchio /sorgente)

u

Coefficiente di utilizzazione

NB: nella pratica professionale si può approssimare ad i seguenti coefficienti

CASI OTTIMALI

Ambiente chiaro, sorgente performante 0,6 -0,55

CASI INTERMEDI

Ambiente non molto scuro, sorgente mediamente performante 0,45

CASI INEFFICACI

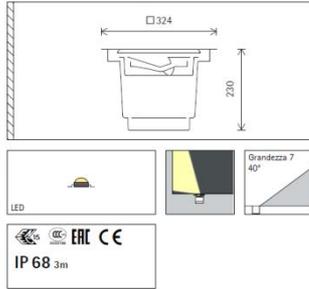
Ambiente scuro, sorgente inefficace 0,3

Per illuminazione **INDIRETTA** si può supporre uguale ad 0,2

IL METODO DEL FLUSSO TOTALE APPLICATO AD I SISTEMI LED

MF

Fattore di manutenzione



Dati tecnici	
Flusso luminoso dell'apparecchio	1893lm
Potenza assorbita	36W
Efficienza luminosa	53lm/W
Tolleranza cromatica	2 SDCM
Indice di resa cromatica	CRI ≥90
Mantenimento del flusso luminoso (LM-80/TM-21)	L90/B10 ≤50000h
Mantenimento del flusso luminoso (indicazioni del produttore del LED)	L90 ≤100000h
Tasso di guasto dei LED	0,1% ≤50000h
Intervallo di dimmeraggio	10%-100%
Metodi di dimmerazione	CCR_PWM
LMF	E
Classe di efficienza energetica	EEL A+
Capacità di standby per componenti-stica	--
Apparecchi per dispositivo automatico di sicurezza B16	50
Temperatura sull'emissione della luce	48°C

$$MF = LMF \times RSMF \times LLMF \times LSF$$

Pulizia (a)	1				2				3			
	P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	
Condizioni ambientali												
LMF	0.96	0.94	0.90	0.86	0.93	0.91	0.86	0.81	0.92	0.90	0.84	
RSMF	0.91	0.83	0.68	0.51	0.90	0.81	0.67	0.50	0.90	0.81	0.67	
Durata d'esercizio (h)	1000	5000	10000	20000	30000	40000	50000					
LLMF	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90					
LSF	1	1	1	1	1	1	1					

$$MF = LMF \times RSMF \times LLMF \times LSF$$

MF	Fattore di manutenzione	Maintenance Factor
LMF	Fattore di manutenzione dell'apparecchio	Luminaire Maintenance Factor
RSMF	Fattore di manutenzione del locale	Room Surface Maintenance Factor
LLMF	Fattore di manutenzione del flusso luminoso della lampada	Lamp Lumens Maintenance Factor
LSF	Fattore di durata della lampada	Lamp Survival Factor
P	locale molto pulito	Room pure
C	locale pulito	Room clean
N	locale con sporco normale	Room normal
D	locale molto sporco	Room dirty

IL METODO PUNTO A PUNTO

Calcolo dell'illuminamento sul piano orizzontale

L'illuminamento di un punto di una superficie è il flusso luminoso ricevuto da un elemento di superficie infinitamente piccola diviso l'area dell'elemento stesso,

ILLUMINAMENTO

$$E = d\phi / ds \quad \text{lux}$$

Sapendo che :

$$I = d\phi/d\Omega$$

$$d\Omega = ds/r^2 \quad \dots \text{ si ottiene che:}$$

$$\underline{E = I / r^2}$$

Se la direzione non è normale rispetto alla luce incidente, l'illuminamento varia rispettando la legge del coseno

$$E = I \text{ Cos}\alpha / r^2$$

Sostituendo r, sapendo che:

$$h = r \text{ Cos}\alpha \quad \dots \text{ si ottiene che}$$

$$\underline{E = I \alpha \text{ Cos}^3\alpha / r^2}$$

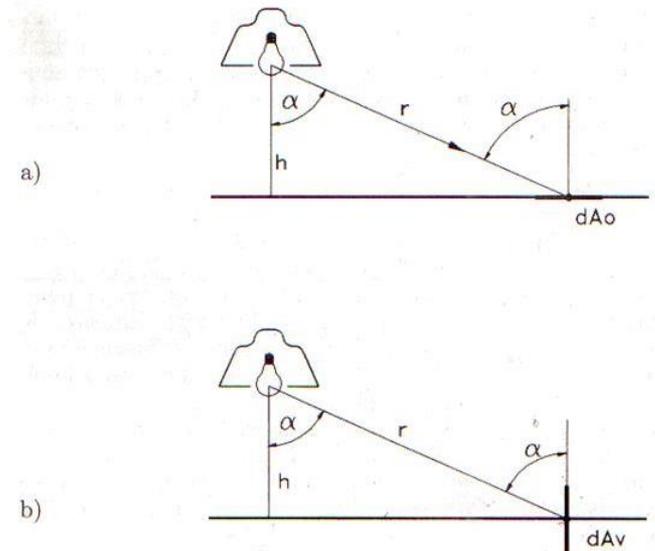


Fig. 2.1a/b.

2.3 L'illuminamento (E)

L'illuminamento in un dato punto di una superficie, è definito come il rapporto tra il flusso luminoso incidente sulla superficie elementare nell'intorno del punto considerato e la superficie elementare stessa.

$$E = d\Phi/dA$$

$dA =$

sul piano orizzontale, essendo $dA_0 = r^2 d\omega / \cos \alpha$ (fig. 2.1a), l'illuminamento si può anche esprimere:

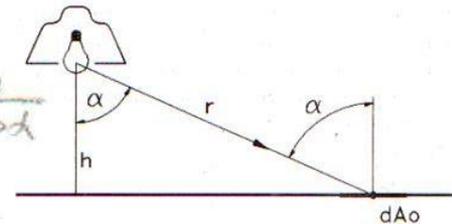
$$E_0 = \frac{d\Phi}{d\omega} \frac{1}{r^2} \cos \alpha; \quad E_0 = \frac{d\Phi}{d\omega} \frac{1}{h^2} \cos^3 \alpha$$

essendo $z = \frac{h}{\cos \alpha}$

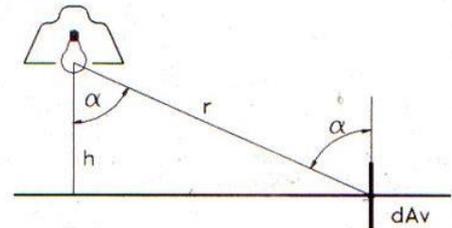
e cioè:

$$E_0 = I_\alpha \frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$$

a)



b)



Tema progettuale

Data un aula studio a pianta rettangolare di dimensioni **12x6x3 metri** (materiali: soffitto grigio chiaro ; pareti grigio chiaro con porte ed arredi grigio scuro che occupano), in cui si prevede l'uso di videotermini, si richiede quanto segue:

1. un predimensionamento dell'impianto con il metodo del flusso totale
una pianta con il layout degli apparecchi per l'illuminazione funzionale
2. effettuare la verifica degli illuminamenti orizzontali con il metodo di verifica punto a punto sui tavoli:
 - a) punto centrale perfettamente in asse con un apparecchio
 - b) punto equidistante tra 2 apparecchi lungo l'asse trasversale
 - c) punto equidistante tra l'asse di un apparecchio di confine ed il muro