MASTER COPY
PISA

ILLUMINOTECNICA

07-05-2014

La radiazione elettromagnetica che ha come lunghezza d'onda $0.38\mu < \lambda < 0.78\mu$ cade nell'intervallo del VISIBILE (colori)

$$\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$$

$\lambda_1 = 0.38\mu$ (380 nm) $\quad 1\mu = 10^{-6}\,m$

$\lambda_2 = 0.78\mu$ (780 nm) $\quad 1nm = 10^{-9}\,m$

La sensibilità dell'occhio non percepisce tutte le λ allo stesso modo, è massima per $\lambda_0 = 0{,}555\mu$ (verde-giallo)

È necessario introdurre delle GRANDEZZE FOTOMETRICHE che tengono conto della particolare sensibilità dell'occhio umano e della relativa radiazione elettromagnetica. Le grandezze fotometriche sono quindi grandezze FISICOBIOLOGICHE

Oggi tratteremo:

1- FLUSSO LUMINOSO Φ
2- INTENSITÀ LUMINOSA I

} direttamente dipendenti dalla sorgente luminosa

3- ILLUMINAMENTO E
4- LUMINOSITÀ ε
5- LUMINANZA L

→ grandezze richieste per progettare un impianto di illuminazione, dipendono dalla sorgente luminosa e dal tipo di impianto.

La luminanza è l'unica grandezza fotometrica percepibile dal nostro occhio (distinzione oggetti, percezione profondità): permette di dare risalto a certe forme piuttosto che altre all'interno di un progetto

MASTER COPY
PISA

FLUSSO LUMINOSO Φ

Consideriamo una sorgente MONOCROMATICA che emette quindi su un'unica λ e una potenza raggiante W

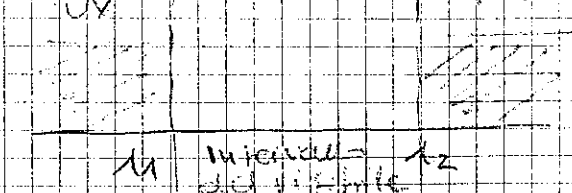
$$(1)\quad \Phi = K(\lambda)\,W$$

$K(\lambda)$ = coefficiente di visibilità $\left(\frac{lum}{W}\right)$ lm = lumen

W = potenza raggiante (W)

$K(\lambda) \neq 0 \quad \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$

$K(\lambda) = 0 \quad \lambda < \lambda_1$ e $\lambda > \lambda_2$



Legge di Grossmann

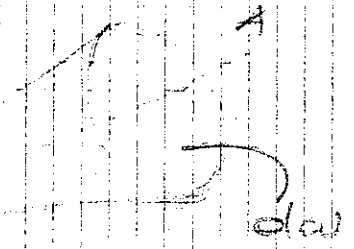
Consideriamo una sorgente luminosa policromatica

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K(\lambda) W_\lambda \, d\lambda$$

W_λ potenza emessa nell'intervallo $\lambda, \lambda + d\lambda$

INTENSITÀ LUMINOSA

Consideriamo una sorgente PUNTIFORME in O, $d\omega$ angolo solido lungo la direzione OA, $d\Phi$ il flusso luminoso, I della sorgente O nella direzione OA è:



$$(2) \quad I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

cd = candela unità di misura dell'intensità luminosa

FONDAMENTALE, le altre grandezze dell'illuminotecnica si basano su queste

Dalla (2) $\rightarrow$ $d\Phi = I \, d\omega$

$$\Phi = \int_{\Omega} I \, d\omega$$

$$\Phi_t = \int_{4\pi} I \, d\omega$$

se la radiazione emessa è uguale in tutte le direzioni $\Rightarrow$ $\Phi_t = I \int_{4\pi} d\omega \rightarrow \Phi_t = 4\pi I$

Per una sorgente (monocromatica):

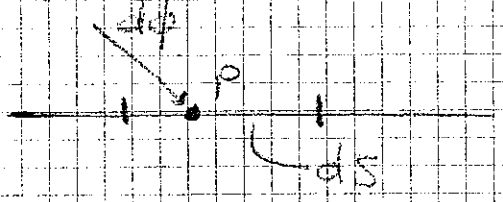
dalla (1) $\rightarrow$ $d\Phi = K(\lambda) \, dW$ (3)

dalla (2) $\rightarrow$ $I = K(\lambda) \frac{dW}{d\omega}$ $\rightarrow$ $I_E = \frac{dW}{d\omega}$ intensità energetica

$$I = K(\lambda) \cdot I_E$$

ILLUMINAMENTO E

Superficie S, area la cui superficie dS su cui scelgo un punto P, $d\phi$ flusso incidente su P



$$(4)\quad E = \frac{d\phi}{dS}$$ lux (ex) strumento di misura per illuminamento è il luxmetro

- Sotto 10 lux → non si riconoscono le forme
- Sotto 1000 lux → ok, il meglio 500 lux
- Sopra 1000 lux → percezione migliore (troppa luce)

Per una sorgente monocromatica:

dalla (3) → $E = K(\lambda)\frac{dW}{dS}$ E_E = illuminamento energetico (chiamato a volte anche irradiamento)

$E = K(\lambda)\, E_E$ $E_E = \frac{dW}{dS}\left(\frac{W}{m^2}\right)$

LUMINOSITÀ e

Sorgente estesa S

$d\phi_e$ = flusso luminoso emesso da dS



$$(5)\quad e = \frac{d\phi_e}{dS}$$ lux sul bianco (lx sb) (limite di misura)

Supponiamo che S sia una sorgente secondaria, cioè su S arriva una certa flusso luminoso $d\phi$ che è riflesso

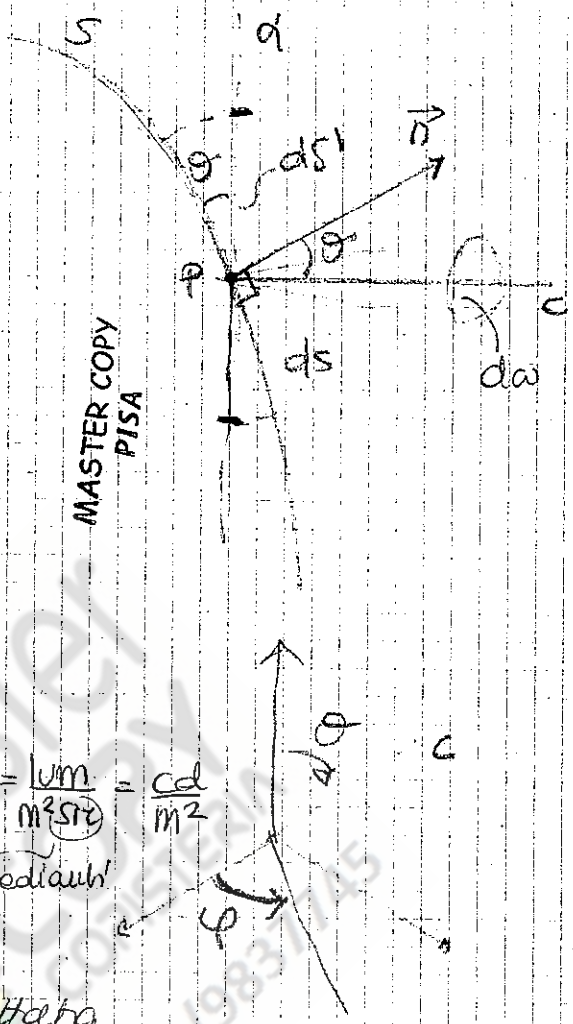
$d\phi_e = r\, d\phi$ (r) coefficiente di riflessione (diffusa)

dalla (5) $e = r\frac{d\phi}{dS}$, dalla (4) $e = rE$

- Se la superficie secondaria illuminata è completamente bianca $r = 1 \rightarrow (6)\ e = E$

LUMINANZA L

Superficie estesa S prendo un punto P, un direzione PC angolo solido $d\omega$, $\vec{n}$ normale a S con angolo compreso θ. Considero piano α passante per P alla direzione PC, per geometria l'angolo compreso fra S e α è θ. Considero poi la superficie dS che proiettata lungo α è dS' con $dS' = dS\cos\theta$



$$d\Phi = L(\theta,\varphi)\cos\theta\, dS\, d\omega \quad (\ddagger)$$

luminanza espressa implicitamente

Dalla (‡) $L = \dfrac{d\Phi}{dS'd\omega}$ $\quad$ Nit (NL) $= \dfrac{lm}{m^2 sr} = \dfrac{cd}{m^2}$

steradianti

La luminanza è il $\dfrac{(d\Phi)\text{ flusso emesso da una superficie estesa per unità di angolo solido e superficie proiettata}}{dS'd\omega}$

Di fatto il Nit come unità di misura non si usa più, è più frequente usare la dicitura $\frac{cd}{m^2}$

Il flusso luminoso totale emesso in tutte le direzioni da dS è

$$d\Phi = dS\int_{2\pi} L\cos\theta\, d\omega \Rightarrow E = \frac{d\Phi}{dS}$$

$$\Rightarrow (8)\quad \boxed{E = \int_{2\pi} L\cos\theta\, d\omega} \qquad L = L(\theta,\varphi,P)$$

La luminanza si misura con il luminanzometro

l'occhio percepisce con disagio grandi differenze di luminosità: ad esempio se entriamo in una galleria d'arte esiste una zona poco illuminata che questa è presente con un certo valore di luminanza per adattare l'occhio: altre due grandezze sono importanti per le mostre d'arte → QUANTITÀ DI LUCE Q (Es. 5)
→ ESPOSIZIONE LUMINOSA H (Es. 5)

MASTER COPY PISA

Sorgente lambertiana

Se $L = L(\theta, \varphi, P)$ non dipende dalla direzione (θ, φ)

dalla (8) $\rightarrow$ $E = \int_{2\pi} L \cos\theta \, d\omega \rightarrow E = \pi L$ (9)

- Una sorgente lambertiana emette radiazioni termiche; un corpo nero è una sorgente lambertiana
- Se la sorgente estesa è secondaria (per la (8) e (9)) e lambertiana possiamo scrivere $\rho E = \pi L \rightarrow L = \frac{1}{\pi} \rho E$

master copy CARTOLERIA 050/831212 328/9837745

Grandezze fotometriche e grandezze energetiche corrispondenti con le relative unità di misura

Grandezza fotometrica	Unità di misura	Grandezza energetica	Unità di misura
Flusso luminoso (ϕ)	lumen (lm)	Potenza	watt (W)
Intensità luminosa (I)	candela (cd)	Intensità	W/sr
Illuminamento (E)	lux (lx)	Irradiamento	W/m^2
Luminosità (ℓ)	lux sul bianco (lx s.b.)	Potere emissivo	W/m^2
Luminanza (L)	cd/m^2	Radianza	W/m^2sr

MASTER COPY
PISA