ILLUMINOTECNICA

Dialux evo

λ = lunghezza d'onda [m] ; f = frequenza [Hz] o $\left[\frac{1}{s}\right]$ $\quad f = \frac{1}{T}$ T = periodo [s]

$\lambda = c \cdot T \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$ con c = Velocità della luce nel vuoto $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

Prefissi unità di misura

Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
		10^0
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}

Per le lunghezze esiste l'Angstrom $\mathring{A} = 10^{-10}$ m

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

La LUCE:

L'intervallo delle radiazioni elettromagnetiche che ricade all'interno dell'intervallo $380\ nm < \lambda < 780\ nm$ è detto SPETTRO VISIBILE

Queste radiazioni sono quelle che sono percepite dall'occhio umano

L'occhio ha una sensibilità alla luce che varia con la lunghezza d'onda

La lunghezza d'onda per cui si ha la massima sensibilità è $\lambda = 555\ nm$ (Giallo-Verde)

380 - 439		Viola
439 - 498		b/u
498 - 568		Verde
568 - 592		giallo
592 - 631		arancione
631 - 780		rosso

La sensibilità decresce rapidamente man mano che ci si avvicina agli estremi dello spettro.

È necessario tener conto della sensibilità dell'occhio per caratterizzare la luce visibile.
A questo scopo si devono introdurre Grandezze PSICO-FISICHE, cioè grandezze che tengono conto degli aspetti ENERGETICI e SOGGETTIVI dell'occhio

GRANDEZZE ENERGETICHE (Fisiche)

GRANDEZZE FOTOMETRICHE (di tipo psico-fisico):

1) - FLUSSO LUMINOSO
2) - INTENSITÀ LUMINOSA
3) - LUMINOSITÀ
4) - LUMINANZA
5) - QUANTITÀ di LUCE
6) - ESPOSIZIONE LUMINOSA
7) - ILLUMINAMENTO

- 1 e 2: sono caratteristiche proprie della sorgente Luminosa
- 7 e 4: sono risultati del calcolo illuminotecnico
- 3: caratteristica di certe sorgenti luminose (SORGENTI ESTESE)
- 5 e 6: Si riferiscono a specifiche intenzioni progettuali (interessano quando la luce può falsare la corretta percezione di un oggetto male illuminato, per esempio quadri in mostra o merce esposta in un negozio.)

1) FLUSSO LUMINOSO

Si considera una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda λ

Il Flusso luminoso $\boxed{\Phi = K(\lambda) \cdot W(\lambda)}$ $\quad \Phi = [lumen]$

$K(\lambda)$ = coefficiente di visibilità

$W(\lambda)$ = Potenza della sorgente (energia raggiante nell'unità di tempo)

$K(\lambda)$ mette in relazione la potenza luminosa con la percezione che l'occhio ha di quella grandezza, cioè tra la GRANDEZZA FISICA e quella PSICOFISICA

$K(\lambda)_{MAX} = K_0 \quad K_0 = K(\lambda_0)$ Cioè il coefficiente di visibilità è massimo per $\lambda = \lambda_0$

$\lambda_0 = 555$ nm

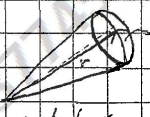
Se la sorgente è policromatica, cioè emette a varie lunghezze d'onda allora la Φ diventa $\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K(\lambda) \cdot W(\lambda)\, d\lambda$ $\quad \lambda_1 = 380$ nm e $\lambda_2 = 780$ nm

$K(\lambda)$ è definito all'interno dell'intervallo della luce visibile $(380 < \lambda < 780)$ per le altre lunghezze d'onda vale zero

Si definisce Coefficiente di visibilità media $\overline{K} = \dfrac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K(\lambda) \cdot W(\lambda)\, d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} W(\lambda)}$ $\quad \left(\text{cioè } \overline{K} = \dfrac{\Phi}{W} \right)$

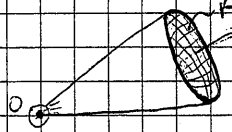
2) INTENSITÀ LUMINOSA

Definizione di steradiante ω: data una superficie sferica A con sfera di raggio r, l'angolo solido è $\omega = \dfrac{A}{r^2}$ [steradianti]



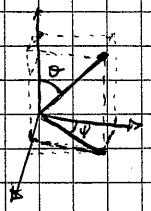
Per una sfera la sua superficie vale $A = 4\pi r^2 \Rightarrow \omega_{sfera} = 4\pi$

È definita Intensità luminosa $\boxed{I = \dfrac{d\Phi}{d\omega}}$



I è il Flusso luminoso $d\Phi$ emesso da una sorgente puntiforme O, che attraversa la superficie sferica A individuata dall'angolo solido $d\omega$

$I = [candela]$



La posizione dell'asse dell'angolo solido è funzione di θ e φ

θ = angolo di elevazione zenitale

φ = angolo azimutale

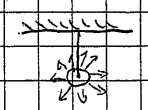
dato un angolo solido $d\omega$ il Flusso luminoso si può esprimere $d\Phi = I \cdot d\omega$

$\Rightarrow \Phi = \int_0^{\omega} I\, d\omega$ se l'intensità luminosa è costante in tutte le direzioni: $\Phi = I \cdot \omega$ e per una sfera vale $\Phi_s = I \cdot 4\pi$

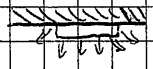
Per una semisfera $\Phi_e = I \cdot 2\pi$

Se I non è costante si può definire

Intensità media sferica $\overline{I}_s = \dfrac{1}{4\pi} \int_0^{4\pi} I\, d\omega$



Intensità media EMISFERICA $\overline{I}_e = \dfrac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I\, d\omega$



Per una sorgente monocromatica:

$\Phi = K(\lambda) \cdot W(\lambda) \Rightarrow d\Phi = K(\lambda)\, dW(\lambda) \Rightarrow I = K \cdot \dfrac{dW}{d\omega}$ si dice $I_E = \dfrac{dW}{d\omega}$ intensità energetica.

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

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

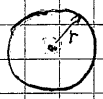
3) ILLUMINAMENTO (di una superficie)

Si dice illuminamento di una superficie S nel punto P $\quad E = \frac{d\Phi}{dS} \left[\frac{lm}{m^2}\right] = [Lux]$

Per esempio: una sorgente al centro di una sfera, l'illuminamento della sua interna è:

$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \Rightarrow d\Phi = I\, d\omega \qquad \Phi = I \cdot \omega = I \cdot 4\pi$ (Intensità uniforme in tutte le direzioni)

$S = 4\pi r^2 \Rightarrow E = \frac{I 4\pi}{4\pi r^2} \Rightarrow E = \frac{I}{r^2}$



Per una sorgente monocromatica $d\Phi = K(\lambda)\, dW(\lambda) \Rightarrow E(\lambda) = K\lambda \cdot \frac{dW(\lambda)}{dS}$

$\frac{dW}{dS} = E_E$ illuminamento energetico $\Rightarrow E = K(\lambda)\, E_E$

4) LUMINOSITÀ (di una superficie)

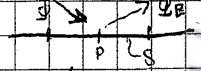
Si considera una sorgente luminosa estesa di superficie S,

la luminosità di un punto P della superficie è $\boxed{\ell = \frac{d\Phi_E}{dS}}$ con Φ_E il Flusso emesso

$\ell = [lux\ S.b.]$ cioè Lux su bianco $\quad \left(\ell = \left[\frac{lm}{m^2}\right]\right)$

- Si considera una superficie che se illuminata riflette; questa superficie è una sorgente secondaria. r è il coefficiente di riflessione diffusa $\quad 0 < r < 1$

$r = 0$ nessuna riflessione
$r = 1$ riflessione completa $\Rightarrow \Phi_E = r \cdot \Phi$ quantità di flusso luminoso riflessa



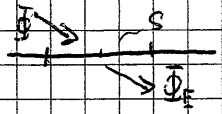
$\ell = \frac{d\Phi_E}{dS} = r\frac{d\Phi}{dS} \Rightarrow \boxed{\ell = r \cdot E}$

Se la superficie è PERFETTAMENTE RIFLETTENTE allora $r = 1 \Rightarrow \ell = r \cdot E \Rightarrow \underline{\ell = E}$

La superficie PERFETTAMENTE RIFLETTENTE o BIANCA riflette tutta la radiazione luminosa incidente, per questo l'unità di misura della LUMINOSITÀ si dice LUX su BIANCO (lux S.B.)

- Si considera una superficie traslucida, questo ~~sorgente secondaria~~ tipo di sorgente secondaria è caratterizzato da un coefficiente di trasmissione

t = coefficiente di trasmissione



$\Phi_E = t \cdot \Phi \Rightarrow \ell = \frac{d\Phi_E}{dS} = t \cdot \frac{d\Phi}{dS} \Rightarrow \boxed{\ell = t \cdot E}$

Se ho una sorgente monocromatica $\Phi = K(\lambda) \cdot W(\lambda)$ quindi $\Phi_E = K(\lambda) \cdot W_E(\lambda)$

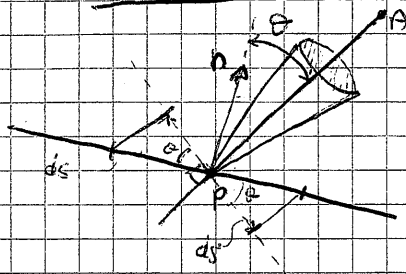
$\ell = \frac{d\Phi_E}{dS} = K(\lambda)\frac{dW_E(\lambda)}{dS}$ con $\frac{dW_E(\lambda)}{dS} = M$ LUMINOSITÀ ENERGETICA (Potere emissivo)

$\Rightarrow \ell = K(\lambda) \cdot M$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

5) LUMINANZA

L = luminanza è indicativa dell'abbagliamento che può indurre una sorgente



Si considera una superficie estesa e una sua porzione dS con centro il punto P
Considero la direzione P-A e voglio studiare cosa percepisce un osservatore in A che osserva P



n è il versore normale alla superficie elementare dS

Si definisce L = LA LUMINANZA DELLA SUPERFICIE dS NEL PUNTO P E NELLA DIREZIONE P-A

La Proiezione di dS su un piano ortogonale a P-A è dS'

Il Flusso osservato da A è: $d\Phi = L \cdot \cos\theta \cdot dS \cdot d\omega$

La luminanza è definita implicitamente

Se $dS' = dS \cos\theta \Rightarrow$ $L = \frac{d\Phi}{dS' \cdot d\omega} = \left[\frac{Lm}{m^2 \, sr}\right] = \left[\frac{cd}{m^2}\right]$

l'unità di misura della luminanza sono candele al metro quadro

La Luminanza di una sorgente estesa dipende dal punto e dalla direzione
$L = L(P, \theta, \varphi)$

Spesso si trascura la dipendenza da θ nei calcoli, che in realtà è piccola, ma molte volte si considera L indipendente dalla direzione e questa è una notevole semplificazione: CASO DI SORGENTE LAMBERTIANA

Si dice LAMBERTIANA una sorgente la cui luminanza non dipende da θ e φ

$\boxed{L = L_m}$ $\quad L_m$ = luminanza in direzione normale alla superficie in P ($\theta = 0°$)

Preso un semispazio, l'angolo solido descritto è $\omega = 2\pi$
calcolo il flusso luminoso emesso in avanti dal semispazio in tutte le direzioni

$$d\Phi = dS \cdot \int_0^{2\pi} L \cos\theta \, d\omega \quad \text{ma } L \text{ è costante} \Rightarrow d\Phi = dS \cdot L \int_0^{2\pi} \cos\theta \, d\omega$$

Si nota che $\frac{d\Phi}{dS} = \mathcal{L}$ e $\int_0^{2\pi} \cos\theta \, d\omega = \pi$

$$\Rightarrow d\Phi = dS \cdot L \cdot \int_0^{2\pi} \cos\theta \, d\omega \Rightarrow \frac{d\Phi}{dS} = L \cdot \pi \Rightarrow \boxed{\mathcal{L} = L \cdot \pi}$$

CASO A: La sorgente Lambertiana è:
una sorgente secondaria, cioè se illuminata riflette con coefficiente di riflessione r

$$\mathcal{L} = \frac{d\Phi_E}{dS} = \pi L \qquad \Phi_E = \Phi \cdot r \Rightarrow \mathcal{L} = r \cdot E = \pi \cdot L \Rightarrow \boxed{L = \frac{r \cdot E}{\pi}}$$

$L = \frac{r \cdot E}{\pi}$ Vale per le pareti intonacate delle quali misuro E con il LUXMETRO

Caso B: La sorgente Lambertiana è una superficie traslucida con coefficiente di trasmissione t

$$\mathcal{L} = t \cdot E \text{ e } \mathcal{L} = \pi L \Rightarrow t \cdot E = \pi \cdot L \Rightarrow \boxed{L = \frac{t \cdot E}{\pi}}$$

Per una sorgente monocromatica $d\Phi = k(\lambda) \cdot dW(\lambda)$

$\frac{d\Phi}{ds \cdot d\omega} = L = \frac{k(\lambda) dW(\lambda)}{ds \cdot d\omega}$ $\quad \frac{d \cdot W(\lambda)}{ds \cdot d\omega} = B$ Luminanza energetica (Radianza) $\left[\frac{W}{m^2 \cdot Str}\right]$

$$L = k(\lambda) \cdot B$$

6) QUANTITÀ DI LUCE

Un corpo è investito da un flusso luminoso costante, come nel caso di illuminazione artificiale.
Si definisce quantità di luce che investe il corpo nel tempo Δt

$$\boxed{Q = \Phi \cdot \Delta t} \quad [Lm \cdot s]$$

se il flusso luminoso non è costante $Q = \int_{\Delta t} \Phi \cdot dt$ siccome $\Phi = k(\lambda) \cdot W(\lambda)$

Per una sorgente monocromatica $\Rightarrow Q = k(\lambda) \int_{\Delta t} W \, dt$ Chiamo $Q_E = \int_{\Delta t} W \, dt$ $[J]$ energia incidente sul campo

$$Q = k(\lambda) \cdot Q_E$$

7) ESPOSIZIONE LUMINOSA

Un corpo è soggetto ad un illuminamento costante, se l'illuminamento avviene per un tempo Δt ho:

$$H = E \cdot \Delta t \quad [lux \cdot s]$$

Se l'illuminamento non è costante $H = \int_{\Delta t} E \, dt$

Per una sorgente monocromatica $\Phi = k(\lambda) \cdot V(\lambda)$

$E = \frac{d\Phi}{ds} \Rightarrow E = k(\lambda) \cdot \frac{dW}{ds}$ ($\frac{dW}{ds} = E_E$) $\quad H = k(\lambda) \cdot \int_{\Delta t} E_E \, dt$ $\quad H_E = \int_{\Delta t} E_E \, dt$ esposizione energetica

$$H = k(\lambda) \cdot H_E$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745