ILLUMINOTECNICA

PAG

1. FOTOMETRIA

1.1. CAMPI DI RADIAZIONE E SENSIBILITÀ VISIVA 1

1.2. LE GRANDEZZE FOTOMETRICHE 2

1.3. IL COEFFICIENTE DI VISIBILITÀ 7

2. SORGENTI LUMINOSA

2.1. FORMAZIONE DELLE SORGENTI LUMINOSE REALI 9

2.2. CARATTERISTICHE DELLE SORGENTI LUMINOSE 10

☐ESERCIZI: 1, 2, 3, 4, 5 16

3. LE LAMPADE

3.1. LAMPADE AD INCANDESCENZA 20

3.2. LAMPADE A SCARICA NEI GAS 21

3.3. LED 24

4. APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

4.1. CLASSIFICAZIONI 27

4.2. SISTEMI OTTICI 28

4.3. RENDIMENTO OTTICO 29

4.4. DIAGRAMMI FOTOMETRICI 29

4.5. CODICI DI FLUSSO CIE 30

5. PARAMETRI DI COMFORT VISIVO 31

6. CALCOLO DEGLI ILLUMINAMENTI

6.1. ILLUMINAMENTO DA SORGENTE PUNTIFORME 35

6.2 ILLUMINAMENTO DA SORGENTE ESTESA 38

● SEMINARIO: MISURAZIONI ILLUMINOTECNICHE 40

7. ILLUMINAZIONE DEGLI AMBIENTI INTERNI

7.1. REQUISITI ESSENZIALI PER UNA BUONA ILLUMINAZIONE 43

7.2. ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

7.2.1. METODI DI CALCOLO 46

7.2.2. L'ABBAGLIAMENTO DIRETTO 49

☐ PROBLEMI DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE DI INTERNI 50

7.3. ILLUMINAZIONE NATURALE

7.3.1. SORGENTI DI LUCE NATURALE 54

MASTER COPY PISA

7.3.2. METODO DI CALCOLO 55

7.4. PRESTAZIONI ENERGETICHE DI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE 59

☐ PROBLEMI 10, 11 61

☐ PROBLEMI DI ILLUMINAZIONE NATURALE DI INTERNI 64

8. ILLUMINAZIONE DEGLI AMBIENTI ESTERNI

8.1 REQUISITI PER UNA BUONA ILLUMINAZIONE 67

8.2. L'ILLUMINAZIONE URBANA 69

8.3. L'ILLUMINAZIONE ARCHITETTONICA 69

8.4. L'INQUINAMENTO LUMINOSO 70

8.5. L'ILLUMINAZIONE STRADALE 71

master copy COPISTERIA 050/8312126 388/9837745

1. GRANDEZZE FOTOMETRICHE

IL MODO CON CUI L'UOMO ENTRA IN CONTATTO CON LA LUCE È SOGGETTO A VARIAZIONI DATE DALLE CONDIZIONI DELL'ORGANO SENSIBILE E DAL SOGGETTO STESSO. NON SOLO DUNQUE, RELATIVAMENTE ALLA LUCE, SI CI DOVRÀ RIFERIRE AD UNA DEFINIZIONE DI GRANDEZZE "SOGGETTIVE" IN QUANTO DERIVANTI DALLA SENSIBILITÀ DELL'ORGANO ATTO ALLA PERCEZIONE, MA ANCHE AD UN "ORGANO MEDIO", RICAVATO STATISTICAMENTE. LE "GRANDEZZE FISICHE" DEL FENOMENO LUMINOSO IN SÉ, PRINCIPALMENTE ENERGETICHE, SONO PERCEPITE COME "GRANDEZZE PSICO-FISICHE", CHE GOVERNANO IL FENOMENO DELLA VISIONE, ESSE SONO RELAZIONATE ALLE PRIME MEDIANTE UN COEFFICIENTE DI VISIBILITÀ CHE IN QUESTI TERMINI È IL VALORE CHE DESCRIVE IL MODO IN CUI L'UOMO PERCEPISCE I FENOMENI FISICI REALI DELLA LUCE.

1.1. CAMPI DI RADIAZIONE

QUALSIASI CORPO EMANA RADIAZIONI SOTTO FORMA DI ONDE AVENTI UNA CERTA LUNGHEZZA D'ONDA λ. LE ONDE CAPACI DI IMPRESSIONARE L'OCCHIO UMANO SONO QUELLE RELATIVE ALLE RADIAZIONI LUMINOSE NELL'INTERVALLO:

$$\lambda = 0{,}38 \div 0{,}78\ \mu m \quad - \quad \text{SPETTRO DEL VISIBILE}$$

TALE SPETTRO RIENTRA IN QUELLO PIÙ AMPIO DELLE RADIAZIONI TERMICHE INERENTI ALLE ONDE CHE TRASPORTANO CALORE, COMPRESE NELL'INTERVALLO:

$$\lambda = 0{,}3 \div 10\ \mu m$$

PER VALORI ESTERNI A QUELLI DELLO SPETTRO DEL VISIBILE SI HANNO I SEGUENTI CAMPI DI RADIAZIONE

$$\lambda = \begin{cases} < 1\ \text{Å} & \text{RAGGI X} \\ 1 \div 100\ \text{Å} & \text{RAGGI X} \\ 0{,}78 \div 100\ \mu m & \text{INFRAROSSI} \\ 100\ \mu m \div 10^{-1}\ m & \text{MICROONDE} \\ > 10^{-1}\ m & \text{ONDE RADIO} \end{cases} \quad *$$

* $100\ \text{Å} - 40\ nm$ - UV

LA SENSIBILITÀ VISIVA

ALL'INTERNO DEL CAMPO DEL VISIBILE ESSA VARIA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DEL COLORE PERCEPITO E A SUA VOLTA IL COLORE MEGLIO PERCEPITO DIPENDE DALLE CONDIZIONI IN CUI SI PERCEPISCE, DESCRITTE DALLA LUMINANZA. QUEST'ULTIMA, DEFINITA IN SEGUITO, INDIVIDUA 3 CAMPI DI PERCEZIONE VISIVA IN CUI È POSSIBILE APPREZZARE UNA DIFFERENZA DI PERCEZIONE:

$$L\ [cd/m^2] = \begin{cases} < 10^{-6} & \text{ASSENZA DI PERCEZIONE} \\ 10^{-6} \div 10^{-2} & \text{CONDIZIONE NOTTURNA O SCOTOPICA} \\ 10^{-2} \div 1 & \text{CONDIZIONE INTERMEDIA O MESOPICA} \\ 1 \div 10^{6} & \text{CONDIZIONE DIURNA O FOTOPICA} \\ > 10^{6} & \text{POSSIBILI DANNI ALLA VISTA} \end{cases}$$

DETTA λ_0 LA LUNGHEZZA D'ONDA MEGLIO PERCEPITA ESSA DIPENDE DA L, NELLE DUE CONDIZIONI "PURE" SI HA:

$$\lambda_0 = \begin{cases} 0{,}555\ \mu m & \text{FOTOPICA} \\ 0{,}507\ \mu m & \text{SCOTOPICA} \end{cases}$$

PER UNA CERTA CONDIZIONE SI AVRÀ UN <u>COEFFICIENTE DI VISIBILITÀ</u> $K(\lambda)$ CHE DESCRIVE LA PERCEZIONE DI UNA DATA λ IN QUELLA CONDIZIONI. COME SI VEDRÀ IN SEGUITO, ESSO RAPPORTA LE GRANDEZZE ENERGETICHE (ENERGIA EMESSA) CON QUELLE FOTOMETRICHE (RADIAZIONE PERCEPITA) AL PARI DI UN "RENDIMENTO". ESSO VARIA IN RELAZIONE AL COEFFICIENTE DI VISIBILITÀ MASSIMO $K(\lambda_0)$ SECONDO UN <u>FATTORE DI VISIBILITÀ RELATIVA</u> $V(\lambda)$:

$$K(\lambda) = V(\lambda)\, K(\lambda_0) \quad \text{con} \quad K(\lambda_0) = \begin{cases} 683 & \text{FOTOPICA } (lm/W) \\ 1700 & \text{SCOTOPICA} \end{cases}$$

4.2. GRANDEZZE FOTOMETRICHE

SI DEFINISCONO:

1) FLUSSO LUMINOSO Φ [lm]
2) INTENSITÀ LUMINOSA I [cd]
3) ILLUMINAMENTO E
4) LUMINOSITÀ L
5) LUMINANZA L
6) QUANTITÀ DI LUCE
7) ESPOSIZIONE LUMINOSA

COME SI VEDRÀ, LE PRIME DUE SONO CARATTERISTICHE INTRINSECHE DELLE SORGENTI LUMINOSE, MISURABILI IN LABORATORIO E FORNITE DAL COSTRUTTORE, LE SECONDE TRE SONO DI TIPO PROGETTUALE MENTRE LE ULTIME DUE SI HANNO PER APPLICAZIONI SPECIFICHE.

1) FLUSSO LUMINOSO

DATA UNA SORGENTE CHE EMETTE RADIAZIONI VISIVE DI UNA SOLA LUNGHEZZA λ, DETTA SORGENTE MONOCROMATICA, AD UNA INTENSITA' DI ENERGIA NELL'UNITA' DI TEMPO PARI A W_λ, IL FLUSSO LUMINOSO E' DATO DA:

$$\Phi_\lambda = K(\lambda)\, W_{(\lambda)} \quad (1) \qquad [lm] \text{ "LUMEN"}$$

IL FLUSSO DI UNA SORGENTE ... POLICROMATICA SARA' DATO DA:

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_\lambda \, d\lambda \quad (2) \qquad \text{CON} \quad \lambda_1 = 0{,}38\ \mu m \quad \lambda_2 = 0{,}78\ \mu m$$

ESSENDO W_λ UNA POTENZA [W], IL COEFFICIENTE DI VISIBILITA' PUO' ESSERE ESPRESSO COME [lm/W]

SI RISCRIVE:

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

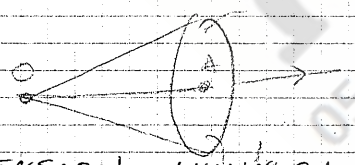
E' POSSIBILE DEFINIRE UN COEFFICIENTE MEDIO DI VISIBILITA' DATO DALLA MEDIA PONDERATA:

$$\bar{K} = \frac{\int_0^\infty K(\lambda)\, W(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^\infty W(\lambda)\, d\lambda} \quad (3) \text{ LEGGE DI GRASSMANN}$$

E' STATO POSSIBILE ESTENDERE GLI ESTREMI DI INTEGRAZIONI IN QUANTO $K \notin [0{,}38; 0{,}78]$ E' NULLO.

2) INTENSITA' LUMINOSA (O RADIANZA)

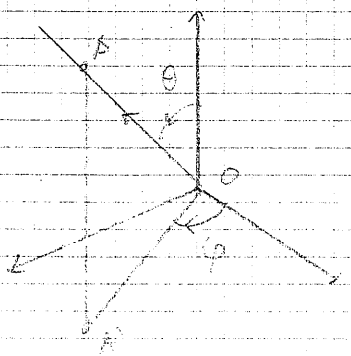
DEFINITA COME FLUSSO LUMINOSO EMESSO DA UNA SORGENTE PUNTIFORME LUNGO UNA DATA DIREZIONE IN UN DETERMINATO ANGOLO SOLIDO



$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (4) \qquad [cd] \text{ "CANDELE"}$$

$$[cd] = [lm/SR]$$

L'INTENSITA' LUMINOSA PUO' VARIARE IN BASE ALLA DIREZIONE OA, DEFINIBILE NELLO SPAZIO A PARTIRE DA UN ANGOLO ZENITALE θ ED UNO AZIMUTALE φ DI ROTAZIONE DAL SISTEMA DI RIFERIMENTO CENTRATO IN O:



AL VARIARE DI (φ, θ) DEFINISCO UN DIVERSO ANGOLO SOLIDO $d\omega$ SUL CUI FLUSSO LUMINOSO SARA':

$$\Phi = \int_\omega d\Phi \ \ldots \Rightarrow \Phi = \int_\omega I\, d\omega$$

CON $I = I(\varphi, \theta)$

$$\Rightarrow \Phi = \int_\omega I(\varphi, \theta)\, d\omega \quad (5)$$