Laborator de Fizică

STUDIUL INTENSITATII LUMINOASE SI AL CÂMPULUI LUMINOS ALE UNEI SURSE DE LUMINA

I. Considerații teoretice

Fotometria se ocupă cu metodele si mijloacele de măsurare a mărimilor caracteristice radiațiilor vizibile. Lumina produce asupra ochiului senzația vizuală. Aceasta se manifestă în două moduri: senzația de intensitate si senzația de culoare.

Senzația de intensitate depinde de energia luminoasă ce cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a retinei si variază în funcție de energia W a izvorului luminos, deci cu fluxul de energie radiată. Fluxul energetic radiant:

$$P = \frac{dW}{dt}, \tag{1}$$

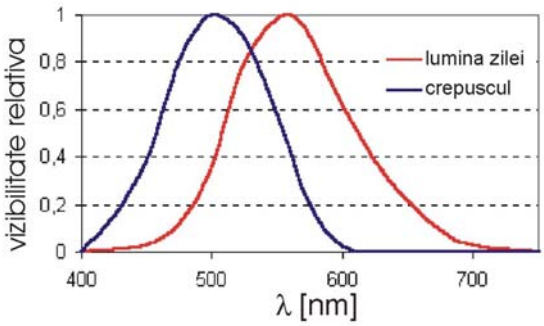
are dimensiunile unei puteri si se măsoară în Wați.

Senzația de culoare se manifestă datorită faptului că ochiul prezintă o sensibilitate funcție de lungimea de undă. Diferite radiații emise în aceeaşi măsură de izvorul radiant nu produc aceleaşi efecte de intensitate asupra ochiului, ele prezentând diferite eficacități luminoase sau vizibilități.

Se defineşte ***sensibilitatea spectrală relativă*** V_λ ca fiind:

$$V_\lambda = \frac{P_o}{P_\lambda}, \tag{2}$$

Unde P_o fiind fluxul de energie radiantă în lumina monocromatică λ_o = 555 μm, fată de care ochiul uman prezintă maximum de sensibilitate în regimul de vedere diurnă (la fluxuri de energie intensă), iar P_λ fluxul de energie radiantă în lumină monocromatică cu lungimea de undă λ. Fluxurile radiante P_o si P_λ se măsoară cu ajutorul receptorilor fizici integrali.



In vederea crepusculară (la fluxuri de energie radiantă foarte slabe) curba de sensibilitate spectrală relativă $V_\lambda = f(\lambda)$ se deplasează către lungimile de undă mai mici (fig.1). Mărimile fotometrice se definesc legat de senzația luminoasă. ***Fluxul luminos*** Φ, în lumină monocromatică, este dat de

$$\Phi_\lambda = K\, V_\lambda P_\lambda, \tag{3}$$

unde:

P_λ – este fluxul energetic radiant.

V_λ – sensibilitatea spectrală relativă.

K – echivalentul fotometric al radiației.

Unitatea fluxului luminos se numeşte lumen. Dacă P se măsoară în waţi si K = 675 lm/W, fluxul luminos se măsoară în lumeni (lm).

Intensitatea luminoasă, I a unui izvor punctiform este numeric egală cu fluxul luminos dΦ emis în unghiul solid elementar dΩ:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \tag{4}$$

Unitatea de intensitate luminoasă este candela (cd). Ea este intensitatea luminoasă în direcţia normalei a unei suprafeţe de $\frac{1}{600000}\,m^2$ a unui corp negru, la temperatura de solidificare a platinei (2042 K) si la presiune normală.

Lumenul este fluxul luminos emis de o sursă punctuală izotropă cu intensitatea de o candelă, într-un unghi solid de 1 steradian.

Iluminarea, E a unei suprafeţe în jurul unui punct al suprafeţei este numeric egală cu fluxul luminos care cade pe elementul de suprafaţa elementară d***S*** din jurul acelui punct:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \tag{5}$$

Legătura între iluminarea unei suprafeţe si intensitatea luminoasă a unei surse punctiforme este din (4) si (5):

$$E = I\frac{d\Omega}{dS}, \tag{6}$$

unde:

$$d\Omega = \frac{dS\,cos\,i}{r^2}, \tag{7}$$

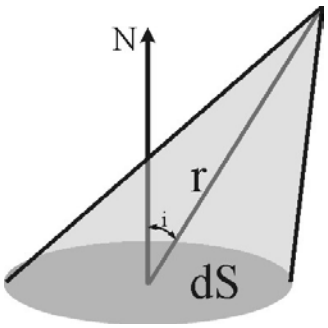


Figura 2

este unghiul pe care îl face normala la suprafaţa d***S*** cu raza mijlocie a fasciculului de lumină (fig.2), iar ***r*** este distanta de la sursă la d***S*** si deci:

$$E = \frac{I}{r^2}cos\,i \tag{8}$$

Unitatea de iluminare este luxul (lx) egal cu iluminarea produsă de un flux luminos de un flux luminos de un lumen ce cade uniform pe aria de un metru pătrat:

$$1\,lx = \frac{1\,lm}{1\,m^2} \tag{9}$$

La compararea diferitelor surse de lumină, ochiul poate stabili uşor iluminarea egală a două suprafeţe apropiate, dar nu poate aprecia de câte ori iluminarea unei suprafeţe este mai mare decât a

alteia. De aceea fotometrele, aparate care servesc la determinarea unor mărimi fotometrice, sunt astfel construite încât rolul ochiului se reduce la stabilirea egalității iluminării a două câmpuri apropiate.

Pentru incidențe normale, relația (7) este:

$$E = \frac{I}{r^2}, \tag{9}$$

$\boldsymbol{I}_o$ si $\boldsymbol{I}_x$ fiind intensitățile luminoase a două surse, $\boldsymbol{R}_o$ si $\mathbf{R}_x$ distanțele lor până la fotometru; Pentru iluminare egală a celor două câmpuri, conform relației (9), avem:

$$\frac{I_x}{I_o} = \frac{R_x^2}{R_o^2}. \tag{10}$$

Cunoscând intensitatea luminoasă $\boldsymbol{I}_o$ a unei surse si măsurându-se $\boldsymbol{R}_o$ si $\boldsymbol{R}_x$, se poate determina intensitatea $\boldsymbol{I}_x$ a celei de a doua surse:

$$I_x = I_o \frac{R_x^2}{R_o^2} \tag{11}$$

Distribuția intensității luminoase în jurul unui bec cu filament depinde de direcție întrucât filamentul nefiind centrat în bec prin rotirea becului se modifică unghiul solid sub care este iluminată suprafața. Lucrarea îşi propune studiul acestei distribuții si determinarea intensității luminoase a unei surse.

II. Metodica experimentală

a) Dispozitivul experimental

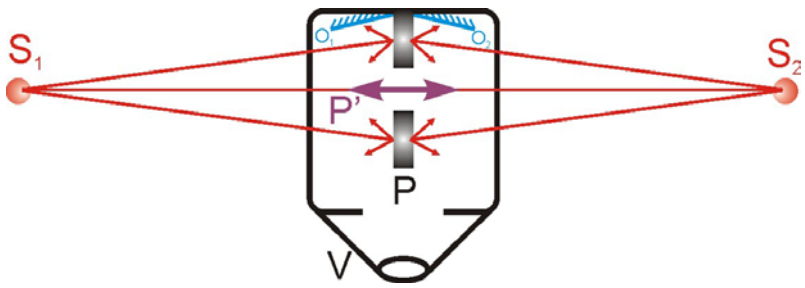


Figura 3

Aparatul folosit pentru determinarea intensității luminoase este un fotometru Bunsen (fig.3). Partea principală este un paravan opac pe care se găseşte o pată translucidă (decupaj circular intr-un carton acoperit cu hârtie de calc). Pata este luminată perpendicular pe ambele fete de către cele două surse. O parte din lumina care ajunge la pata P' e difuzată, cealaltă parte fiind transmisă. Oglinzile O_1 si O_2 permit observarea simultană a ambelor fete ale petei. Pentru cele două imagini ale petei la fel de iluminate, iluminarea dată de cele două surse este aceeaşi. Fotometrul si cele doua surse sunt montate pe suporturi verticale ce pot glisa de-a lungul unui banc optic.

Ca surse de lumină se folosesc două becuri electrice, unul socotit etalon, de intensitate cunoscută, celălalt legat într-un circuit electric la diferite tensiuni, permițând astfel, studiul variației intensității luminoase în funcție de tensiunea aplicată.

Studiul câmpului luminos al unei surse se face cu ajutorul unui luxmetru. Luxmetrul indică direct iluminarea suprafeței.

b) Modul de lucru

Pentru determinarea intensității necunoscute a sursei se efectuează următoarele operații:

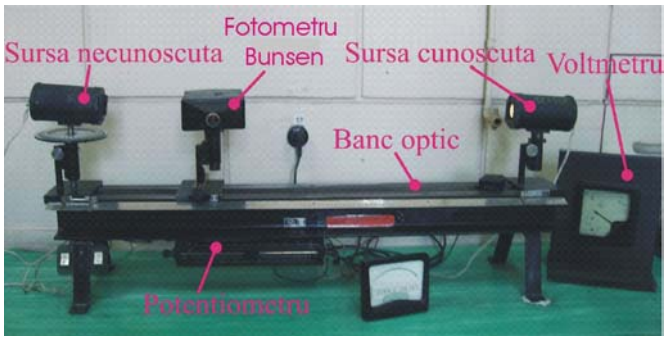


Figura 4

1. Se realizează montajul din figura 4 pentru sursa necunoscută.
2. Pozițiile surselor rămânând neschimbate, se deplasează fotometrul până când cele două pete sunt egal luminate.
3. Se citesc distantele $\boldsymbol{R}_o$ si $\boldsymbol{R}_x$.

Pentru studiul distribuției intensității luminoase se procedează astfel:

1. Se pune în stativul sursei cunoscute becul de studiat.
2. Se alege o distantă potrivită între bec si stativul pe care e fixat luxmetrul astfel ca acesta să indice o iluminare destul de mare.
3. Se roteşte becul în planul orizontal din 15^o în 15^o, deplasându-se stativul cu luxmetrul de fiecare dată astfel ca iluminarea să rămână aceeaşi.
4. Se notează de fiecare dată distanta dintre bec si luxmetru.

III. Prelucrarea datelor experimentale

a) Determinarea mărimilor fizice si trasarea graficelor

Cu datele obținute folosind relația (11) se calculează intensitatea necunoscută a sursei pentru fiecare valoare a tensiunii de la borne. Se reprezintă grafic valoarea acestei intensități în funcție de tensiune.

Se realizează diagrama polară a iluminării egale de la 0 la 360^0.

b) Calculul erorilor

Din relația:

$$\frac{\Delta I_x}{I_x} = \frac{\Delta I_o}{I_o} + 2\left(\frac{\Delta R_o}{R_o} + \frac{\Delta R_x}{R_x}\right)$$

întrucât:

$$\Delta R_o = \Delta R_x$$

se obține:

$$\frac{\Delta I_x}{I_x} = 2\left(\frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_x}\right)\Delta R + \frac{\Delta I_o}{I_o}$$

Datele si rezultatele se trec în tabelele de mai jos:

Tabelul 1

I_o [Cd]	U [V]	R_x [cm]	R_0 [cm]	I_x [Cd]	ΔI_o [Cd]	ΔR [cm]	$\frac{\Delta I_x}{I_x}$ [%]
12					1		

Tabelul 2

Unghiul [grade]	0	30	60	…	360
Distanta [cm]					