

STUDIUL INTENSITĂȚII LUMINOASE ȘI AL CÂMPULUI LUMINOS AL UNEI SURSE DE LUMINĂ

1. Scopul lucrării

Lucrarea își propune determinarea intensității luminoase a unei surse necunoscute și studiul distribuției intensității luminoase în jurul unui bec cu filament.

2. Considerații teoretice

Fotometria se ocupă cu metodele și mijloacele de măsurare ale mărimilor caracteristice radiațiilor din domeniul vizibil. Lumina este capabilă să impresioneze ochiul și produce în creier senzația vizuală. Aceasta se manifestă în două moduri: senzația de intensitate și senzația de culoare.

Senzația de intensitate depinde de energia luminoasă care cade în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a retinei și variază în funcție de energia W a izvorului luminos, deci cu fluxul de energie radiantă care se poate defini astfel:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1)$$

Fluxul de energie radiantă are dimensiunile unei puteri și se măsoară în Wați.

Senzația de culoare se manifestă prin faptul că ochiul prezintă o sensibilitate diferită în funcție de lungimea de undă a radiației incidente. Diferite radiații emise în aceeași cantitate de către izvorul radiant nu produc aceleași efecte de intensitate asupra ochiului, ele prezentând diferite eficacități luminoase sau vizibilități. Pentru a caracteriza acest lucru se definește sensibilitatea spectrală relativă V_λ ca fiind:

$$V_\lambda = \frac{P_o}{P_\lambda} \quad (2)$$

P_o este fluxul de energie radiantă în lumina monocromatică cu $\lambda_o = 555 \text{ nm}$, pentru care ochiul uman prezintă maximum de sensibilitate în regimul de vedere

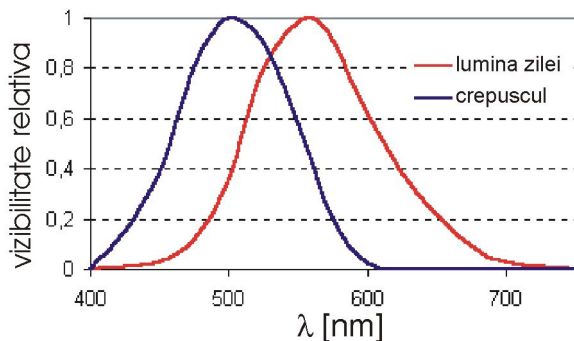


Figura 1

diurnă (la fluxuri de energie intensă). P_λ este fluxul de energie radiantă în lumină monocromatică cu lungimea de undă λ . Fluxurile radiante P_o și P_λ se măsoară cu ajutorul receptorilor fizici integrali.

În 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. Astfel avem: *fluxul luminos* Φ , *intensitatea luminoasă* I , *iluminarea* E .

Fluxul luminos Φ , în lumină monocromatică care este dat de relația:

$$\Phi_{\lambda} = K V_{\lambda} P_{\lambda} \quad (3)$$

unde: P_{λ} este fluxul energetic radiant, V_{λ} este sensibilitatea spectrală relativă și K este echivalentul fotometric al radiației. Dacă P se măsoară în wați și $K = 675 \text{ lm/W}$, fluxul luminos se măsoară în lumeni (lm).

Intensitatea luminoasă, I a unui izvor punctiform este numeric egală cu fluxul luminos elementar $d\Phi$ emis într-un unghiul solid elementar $d\Omega$:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (4)$$

Unitatea de intensitate luminoasă este candela (cd). Ea este intensitatea luminoasă în direcția normalei unei suprafețe de $\frac{1}{600000} \text{ m}^2$ a unui corp negru, la temperatura de solidificare a platinei (2042 K) și 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 suprafețe în jurul unui punct al suprafeței este numeric egală cu fluxul luminos care cade pe elementul de suprafață elementară dS din jurul aceluși punct:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (5)$$

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

$$1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}, \quad (6)$$

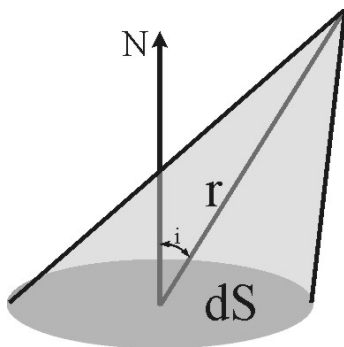


Figura 2

Legătura dintre iluminarea unei suprafețe și intensitatea luminoasă a unei surse punctiforme se poate obține prin combinarea relațiilor (4) și (5) și este dată de:

$$E = I \frac{d\Omega}{dS} \quad (7)$$

unde:

$$d\Omega = \frac{dS \cos i}{r^2}, \quad (8)$$

este unghiul pe care îl face normala la suprafața dS cu raza mijlocie a fascicului de lumină (vezi Fig.2), iar r este distanța de la sursă la elementul de suprafață iluminată dS și deci:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos i \quad . \quad (9)$$

astfel pentru o incidență normală, relația (9) devine:

$$E = \frac{I}{r^2} . \quad (10)$$

La compararea diferitelor surse de lumină, ochiul poate stabili ușor dacă două suprafețe apropiate au o iluminare egală, dar nu poate aprecia de câte ori iluminarea unei suprafețe 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.

Dacă avem o iluminare egală a două câmpuri $E_x = E_o$, atunci conform relației (10), se obține:

$$\frac{I_x}{I_o} = \frac{R_x^2}{R_o^2} . \quad (11)$$

I_o și I_x fiind intensitățile luminoase a două surse, R_o și R_x distanțele de la surse până la fotometru. Cunoscând intensitatea luminoasă I_o a unei surse și măsurându-se R_o și R_x , se poate determina intensitatea I_x a celei de-a doua surse:

$$I_x = I_o \frac{R_x^2}{R_o^2} \quad (12)$$

Distribuția intensității luminoase în jurul unui bec cu filament depinde de direcție întrucât filamentul este un corp tridimensional asimetric necentrat în bec. Prin rotirea becului se modifică unghiul solid sub care este iluminată suprafața.

3. Aplicații

Studiul iluminării diferitelor suprafețe, la diferite unghiuri și cu diferite surse de lumină, permite optimizarea iluminării în diverse spații, conform necesităților, contribuind la o economie substanțială de energie electrică. De asemenea, aceste studii, coroborate cu distribuția intensității luminoase pot optimiza și automatiza, funcționarea panourilor solare, pentru o captare maximă a fluxului luminos.

4. Metodica experimentală

4.1. Montajul experimental

Aparatul utilizat pentru determinarea intensității luminoase este un fotometru Bunsen (Fig.3). Partea principală este un paravan opac pe care se găsește o

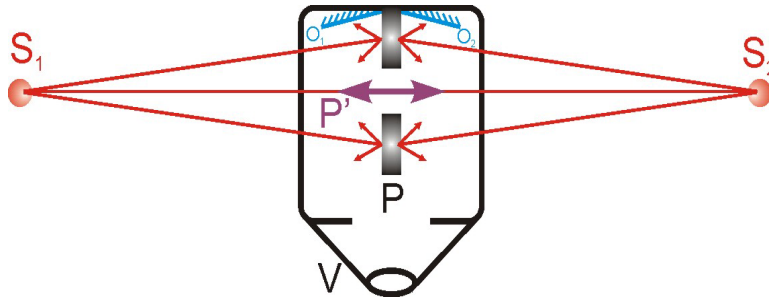


Figura 3

pată translucidă (decupaj circular confectionat dintr-un carton acoperit cu hârtie de calc). Pata este luminată perpendicular pe ambele fețe de către două surse S_1 și S_2 . O parte din lumina care ajunge la pata P' este difuzată, cealaltă parte fiind transmisă. Oglinzile O_1 și O_2 permit

observarea simultană a ambelor fețe ale petei. Fotometrul și cele două surse sunt montate pe suporturi verticale și pot glisa de-a lungul unui banc optic, cu scopul de a obține iluminări egale a ambelor fețe ale petei date de cele două surse plasate de o parte și de alta a fotometrului. Ca surse de lumină se folosesc două becuri electrice, unul ales ca etalon, de intensitate cunoscută, celălalt legat într-un circuit electric și supus la diferite tensiuni electrice, 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 în mod direct iluminarea unei suprafețe.

4.2. Modul de lucru

Pentru determinarea intensității luminoase a sursei necunoscute se efectuează următoarele operații:

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 iluminate.
3. Se citesc distanțele R_0 și R_x de mai multe ori și media se trece în tabelul 1 pentru fiecare valoare a tensiunii electrice.

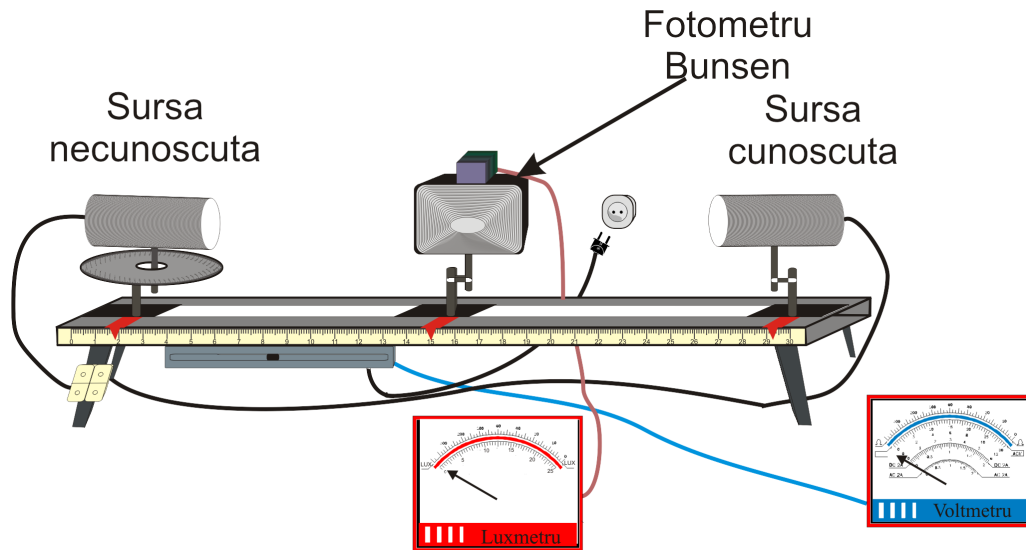


Figura 4

Tabelul 1

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

4.2 Prelucrarea datelor experimentale

1. Cu datele obținute folosind relația (12) se calculează intensitatea necunoscută a sursei pentru fiecare valoare a tensiunii de la borne.
2. Se reprezintă grafic valoarea acestei intensități în funcție de tensiune.

4.3. Calculul erorilor

Din relația:

$$\frac{\Delta I_x}{I_x} = \frac{\Delta I_o}{I_o} + 2 \left(\frac{\Delta R_o}{R_o} + \frac{\Delta R_x}{R_x} \right) \quad (12)$$

întrucât:

$$\Delta R_o = \Delta R_x \quad (13)$$

se obține:

$$\frac{\Delta I_x}{I_x} = 2 \left(\frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_x} \right) \Delta R + \frac{\Delta I_o}{I_o} \quad (14)$$

Datele și rezultatele se trec în tabelul 1.

4.4. *Modul de lucru pentru studiul distribuției intensității luminoase*

Se procedează astfel:

1. Se pune în stativul sursei cunoscute becul de studiat.
2. Se alege o distanță potrivită între bec și stativul pe care e fixat luxmetrul astfel ca acesta să indice o iluminare destul de mare.
3. Se rotește becul în planul orizontal din 30° în 30°, deplasându-se stativul cu luxmetrul de fiecare dată, astfel ca iluminarea să rămână aceeași.
4. Se notează de fiecare dată distanța dintre bec și luxmetru iar valorile masurate se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Unghiul [grade] | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 |
| Distanța [cm] | | | | | | | | | | | | | |

5. Pe hârtie milimetrică se realizează diagrama polară a iluminării egale de la 0 la 360°, obținându-se o curbă de egală iluminare.