

Problema a I-a (10 puncte)

B. Construiește o lunetă!

Două lentile convergente subțiri, L_1 și L_2 , au distanțele focale $f^{(1)} = 2,5\text{ cm}$, respectiv $f^{(2)} = 25,0\text{ cm}$.

a. Determină lungimea imaginii formate de fiecare dintre cele două lentile, pentru un obiect foarte îndepărtat de lentilă. Acest obiect se vede cu ochiul liber sub un unghi $\alpha = 10'$.

b. Dedu valoarea măririi liniare, pentru fiecare dintre cele două lentile, în situația în care obiectul este situat între focar și lentilă, iar imaginea se formează la distanța $d = 20,0\text{ cm}$ de ochiul observatorului. Consideră că observatorul are ochiul situat foarte aproape de lentilă.

Dorești să construiești o lunetă, utilizând cele două lentile L_1 și L_2 .

c. Precizează care lentilă trebuie folosită ca obiectiv și care trebuie folosită ca ocular pentru lunetă. Justifică răspunsul.

d. Determină lungimea tubului lunetei pe care îți propui să o construiești, astfel încât imaginea finală a unui obiect aflat la distanță mare în fața obiectivului lunetei să se formeze la distanța optimă de vedere $d = 20,0\text{ cm}$. Consideră că ochiul observatorului este situat foarte aproape de ocularul lunetei.

B. Construiește o lunetă! - Soluție

a. Formarea imaginii unui obiect foarte depărtat, printr-o lentilă convergentă este ilustrată în figura 1.

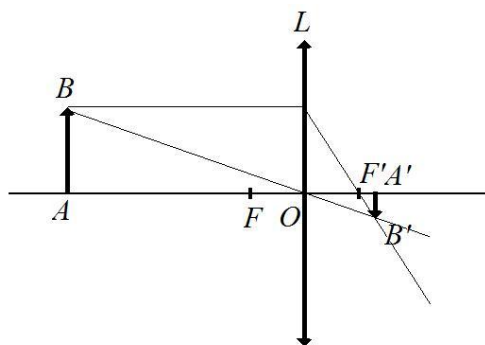


Figura 1 Formarea imaginii unui obiect foarte îndepărtat, într-o lentilă convergentă

În cadrul sarcinii de lucru a sunt utilizate următoarele notații:

x_1 - poziția obiectului liniar AB față de lentilă

x_2 - poziția imaginii $A'B'$ față de lentilă

y_1 - mărimea obiectului liniar AB

y_2 - mărimea imaginii $A'B'$

Utilizând diagrama din figura 1 și notațiile specificate pentru această sarcină de lucru se poate scrie expresia tangentei unghiului de vedere $\angle BOA$

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{y_1}{x_1} \quad (1)$$

Deoarece unghiul de vedere este foarte mic

$$\alpha(\text{radiani}) \cong -\frac{y_1}{x_1} \quad (2)$$

Din formula lentilelor subțiri

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

se obține expresia pentru poziția imaginii în raport cu lentila

$$x_2 = \frac{x_1 \cdot f}{x_1 + f} = \frac{f}{1 + (f/x_1)} \quad (4)$$

Deoarece $x_1 \gg f$

$$x_2 \cong f \quad (5)$$

Imaginea obiectelor foarte depărtate se formează foarte aproape de focarul imagine al lentilei.

Mărimea y_2 a imaginii satisface relația

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1} \quad (6)$$

Combinând relațiile (2), (5) și (6) se obține

$$\begin{cases} y_2 \cong \frac{f \cdot y_1}{x_1} \\ y_2 \cong -f \cdot \alpha \end{cases} \quad (7)$$

Lungimea imaginii este $f \cdot \alpha$. Semnul din expresia (7) evidențiază faptul că imaginea este răsturnată.

Ținând seama că

$$\alpha = 10' = 0,0029 \text{ radiani} \quad (8)$$

Lungimile imaginilor care au fost formate de cele două lentile L_1 și L_2 au expresiile

$$\begin{cases} |y_2^{(1)}| \cong f^{(1)} \cdot \alpha \\ |y_2^{(2)}| \cong f^{(2)} \cdot \alpha \end{cases} \quad (9)$$

și valorile numerice

$$\begin{cases} |y_2^{(1)}| \cong 0,073 \text{ mm} \\ |y_2^{(2)}| \cong 0,725 \text{ mm} \end{cases} \quad (10)$$

Valorile numerice din relația (10) reprezintă răspunsul la sarcina de lucru a.

b. O lentilă convergentă formează o imagine virtuală și mărită pentru un obiect real, plasat între focar și lentilă (figura 2).

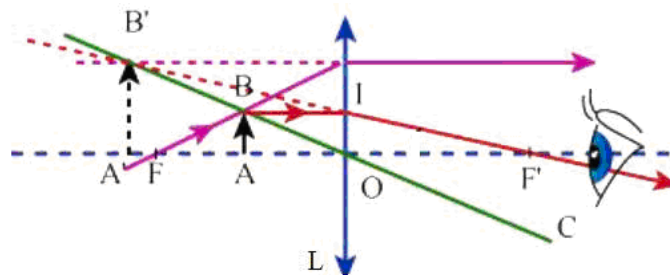


Figura 2 Formarea imaginii virtuale a unui obiect real, într-o lentilă convergentă

În cadrul acestei sarcini de lucru sunt utilizate următoarele notații:

x_1' - poziția obiectului liniar AB față de lentilă

$x_2' = -d$ - poziția imaginii $A'B'$ față de lentilă

y_1' - mărimea obiectului liniar AB

y_2' - mărimea imaginii $A'B'$

Aplicând formula lentilelor pentru această situație se obține

$$\frac{1}{-d} - \frac{1}{x_1'} = \frac{1}{f} \quad (11)$$

Poziția obiectului față de lentilă are expresia

$$x_1' = -\frac{f \cdot d}{f + d} \quad (12)$$

Mărirea liniară are expresia

$$\beta = y_2'/y_1' = x_2'/x_1' \quad (13)$$

Combinând relațiile (12) și (13) se obține

$$\beta = \left(1 + \frac{d}{f}\right) \quad (14)$$

Din relația (14) se poate deduce că modulul măririi liniare este cu atât mai mare cu cât distanța focală a lentilei este mai mică. Aplicând relația (14) pentru fiecare dintre cele două lentile și utilizând valorile numerice indicate în enunțul problemei se obține

$$\begin{cases} \beta^{(1)} = 9,0 \\ \beta^{(2)} = 1,8 \end{cases} \quad (15)$$

Valorile numerice din relația (15) reprezintă răspunsul la sarcina de lucru b.

c. Pentru ca luneta să producă imagini utile ale obiectelor depărtate, trebuie ca lentila obiectiv să producă o imagine cât mai mare a obiectului. Pentru a se respecta această cerință, conform relației (7) lentila obiectiv trebuie să aibă o distanță focală cât mai mare. Ocularul lunetei trebuie să mărească imaginea dată de obiectiv. În conformitate cu relația (14), pentru ca ocularul să permită obținerea unei măririi liniare cu modulul cât mai mare, el trebuie realizat dintr-o lentilă cu distanța focală cât mai mică. Din cele prezentate rezultă că:

- lentila cu distanța focală mare trebuie folosită ca obiectiv;
- lentila cu distanță focală mică trebuie folosită ca ocular.

Precizările de mai sus reprezintă răspunsul la sarcina de lucru c.

d. Lungimea tubului lunetei are expresia

$$L = f^{(2)} + \frac{f^{(1)} \cdot d}{f^{(1)} + d} \quad (16)$$

și valoarea numerică

$$\begin{cases} L = \left(25 + \frac{2,5 \cdot 20}{2,5 + 20}\right) \text{ cm} \\ L = 27,2 \text{ cm} \end{cases} \quad (17)$$

Valoarea numerică din relația (16) reprezintă răspunsul la sarcina de lucru d.

© Soluție propusă de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Centrul Național de Evaluare și Examinare – Ministerul Educației, Cercetării,
Tineretului și Sportului

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București