

Travaux Dirigés d'optique géométrique. Module Physique 2. S.M.I.A.

Série 2 : Système optique à surface sphérique :

Miroirs et Dioptries sphériques. Lentilles sphériques minces

Chapitre 7 : Les Lentilles minces

Exercice 1 : Méthode de Silbermann

On considère une lentille mince convergente $\mathcal{L}$ qui donne d'un objet AB une image A'B' renversée de même taille que l'objet AB. L'objet AB et son image sont perpendiculaires à l'axe optique Δ de la lentille $\mathcal{L}$. On désigne par f' , la distance focale de $\mathcal{L}$.

1. Quel est le grandissement transversal γ ?
2. Montrer que, dans ce cas, la distance entre le point objet A et son image A', placés tous les deux sur l'axe optique Δ de la lentille $\mathcal{L}$, est telle que $\overline{AA'} = 4.f'$
3. Faire un schéma et proposer un protocole expérimental utilisant cette situation pour mesurer la distance focale f' d'une lentille convergente.

Exercice 2 : Méthode de Bessel

On dispose d'une lentille convergente $\mathcal{L}$ dont on cherche à mesurer sa distance focale f' . On utilise la **méthode de Bessel** qui consiste à partir d'un objet réel A et d'un écran distant de D, à trouver les deux positions de la lentille $\mathcal{L}$ qui donnent une image réelle A' dans le plan de l'écran :

1. On note : $p = \overline{OA}$ et $p' = \overline{OA'}$
 - 1.1. Rappeler la relation entre p' , p et f' .
 - 1.2. Quelle est la relation entre D, p' et p ?
 - 1.3. A partir des deux relations précédentes, montrer que : $p'^2 - D.p' + D.f' = 0$
 - 1.4. A quelle condition a-t-on deux solutions distinctes ?
 - 1.5. On note p'_1 et p'_2 ces deux solutions. Donner leurs expressions mathématiques.
 - 1.6. On note d la distance entre les deux positions de la lentille permettant d'obtenir l'image

sur l'écran. Montrer que :
$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4.D}$$

2. Applications numériques

- 2.1. On mesure $D=1000\text{mm}$ et $d=500\text{mm}$. En déduire la distance focale f' et la vergence V de cette lentille.
- 2.2. On accole à la lentille précédente une lentille divergente de distance focale inconnue. Avec la méthode de Bessel, pour $D = 1000 \text{ mm}$, on trouve $d = 200 \text{ mm}$. En déduire la distance focale de l'association puis la distance focale de la lentille divergente.

Exercice 3 : Image d'un objet par une lentille mince convergente/divergente

Un objet AB, placé à 20 cm devant une lentille mince convergente $\mathcal{L}$, a une image A'B' réelle située à 5 cm derrière cette lentille $\mathcal{L}$. Le point objet A et son image A' sont situés sur l'axe optique de la lentille $\mathcal{L}$.

1. Calculer la distance focale f' et la vergence C de la lentille $\mathcal{L}$.
2. Calculer le grandissement linéaire 'transversal' γ_t de cette lentille $\mathcal{L}$.
3. Quelle est la taille de l'objet AB, sachant que son image A'B' formée par la lentille $\mathcal{L}$ mesure 6 mm ?
4. Vérifier les résultats obtenus à l'aide d'une construction géométrique.
5. Est-ce possible de remplacer la lentille convergente $\mathcal{L}$ par une lentille divergente $\mathcal{L}$ en gardant le même objet réel AB et son image réelle A'B' respectivement à leur place ?

- Que devient alors l'image $A'B'$ de cet objet AB si on utilise une lentille divergente de distance focale $\overline{OF'} = -5\text{cm}$? (position, nature et dimension)

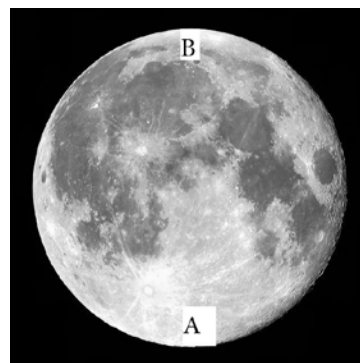
Exercice 4 : Association de deux lentilles minces convergentes

Un objet AB est placé à 40 cm d'une lentille mince convergente $\mathcal{L}_1$ de centre optique O_1 et de distance focale $f'_1 = 8\text{ cm}$. Une deuxième lentille mince convergente $\mathcal{L}_2$ de centre optique O_2 et de distance focale $f'_2 = 12\text{ cm}$ est placée derrière la première lentille à une distance de 30 cm.

- Calculer la position de l'image de A_1B_1 formée par la première lentille $\mathcal{L}_1$ et A_2B_2 formée par la deuxième lentille $\mathcal{L}_2$.
- Calculer les grossissements linéaires γ_1 et γ_2 des deux lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$
- Décrire l'image finale A_2B_2
- Quelle est la distance focale f' du système optique $\{\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2\}$ si les deux lentilles sont accolées. Quelle est sa vergence V ?

Exercice 5 : Image de la Lune à l'aide d'une lentille convergente :

La Lune est vue depuis la Terre sous un angle α . Cet angle α est appelé diamètre apparent de la Lune. Un élève cherche à former l'image de la lune sur un écran à l'aide d'une lentille de 1,0 m de distance focale. Le diamètre réel de la Lune est de 3450 km ; et la distance moyenne Terre-Lune est de 380 000 km.



- Exprimer en degré, en radian puis en minutes le diamètre apparent de la Lune vue de la Terre.
- À quelle distance de la lentille doit-il placer l'écran ?
- Faire un schéma sans souci d'échelle, puis construire l'image $A'B'$ du diamètre AB de la Lune.
- Calculer la taille de l'image $A'B'$ de la Lune AB sur l'écran. On utilisera l'approximation pour $\text{tg}(\alpha) = \alpha$ les petits angles.
- Pour obtenir une image plus grande, l'élève doit-il choisir une lentille de distance focale plus grande ou de plus petite que la première ?

Exercice 6 : Etude d'un téléobjectif

L'exercice sera traité dans les conditions de l'approximation de Gauss.

Un objectif photographique peut être assimilé à une lentille mince convergente, $\mathcal{L}_1$, de centre optique, O_1 , et de distance focale image $\overline{O_1F'_1} = 50\text{ mm}$. Cet objectif fournit une image $A'B'$ d'un objet AB , $\overline{AB} = 1,80\text{ m}$, perpendiculaire à l'axe optique Δ de la lentille, $\mathcal{L}_1$, et situé à une distance de 10 m devant $\mathcal{L}_1$.

- Calculer la position, $\overline{O_1A'}$, et la grandeur de cette image, $A'B'$, et En déduire le grossissement transversal γ_t et la nature de l'image $A'B'$.
- On transforme cet objectif en téléobjectif, en ajoutant à la lentille $\mathcal{L}_1$ une lentille mince divergente $\mathcal{L}_2$ de centre optique, O_2 , et de distance focale image $\overline{O_2F'_2} = -20\text{ mm}$. On pose $\overline{O_1O_2} = e$
- Comment faut-il disposer la lentille, $\mathcal{L}_2$, par rapport à la lentille, $\mathcal{L}_1$, pour que le système $(\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2)$ donne d'un objet situé à l'infini une image réelle ?
- En utilisant la formule de Gullstrand, exprimer la distance focale image, f' , du système $(\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2)$ en fonction de l'épaisseur e .
- Comment peut-on augmenter la vergence, V , du système ?
- Calculer la distance focale image du système pour $e = 35\text{ mm}$.

Dans la suite de l'exercice, on prendra $e = 35\text{ mm}$

..../....