Systèmes de lentilles — Exercices Physique 10e HarmoS

Exercice 1

Lentilles accolées (théorème des vergences) : Lorsque deux lentilles minces L_1 et L_2 de vergences respectives C_1 et C_2 sont **accolées** (collées l'une contre l'autre, distance nulle), l'ensemble équivaut à une lentille unique de vergence $C = C_1 + C_2$.

1. On accole deux lentilles convergentes de distances focales $f_1 = 20$ cm et $f_2 = 50$ cm. Calculer la vergence C et la distance focale f du doublet.
2. On accole une lentille convergente ($f_1 = +25$ cm) avec une lentille divergente ($f_2 = -50$ cm). L'ensemble obtenu est-il globalement **convergent ou divergent** ? Calculer sa distance focale équivalente f.
3. Quelle lentille doit-on accoler à une lentille convergente de $+4{,}0\ \delta$ pour obtenir un système neutre équivalent à une vitre plane ($C = 0\ \delta$, $f \to \infty$) ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 2

Association de deux lentilles convergentes séparées (méthode étape par étape) : Sur un banc optique, deux lentilles convergentes L_1 ($f_1 = 20$ cm) et L_2 ($f_2 = 15$ cm) sont séparées par une distance $d = 90$ **cm**.

On place un objet lumineux AB de hauteur $h = 2{,}0$ cm à $p_1 = 30$ **cm devant** L_1.

1. Calculer la position p_1' (derrière L_1) et la hauteur h_1' de l'**image intermédiaire** A_1B_1 formée par L_1.
2. L'image A_1B_1 sert d'objet pour la seconde lentille L_2. À quelle distance $p_2 = d - p_1'$ se trouve-t-elle devant L_2 ?
3. Calculer la position finale p_2' (derrière L_2), le grandissement total $\gamma_{\text{tot}} = \gamma_1 \times \gamma_2$, et la hauteur finale h_2'. L'image finale est-elle droite ou renversée par rapport à AB ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 3

Principe de la lunette astronomique (système afocal) : Une lunette astronomique est constituée de deux lentilles convergentes :

- l'**objectif** L_1 de grande distance focale $f_1 = 80$ cm ;
- l'**oculaire** L_2 de courte distance focale $f_2 = 4{,}0$ cm.

Pour observer une étoile ou une planète à l'infini sans fatiguer l'œil (système *afocal*), on règle la distance d entre L_1 et L_2 de sorte que le foyer image F_1' de l'objectif coïncide exactement avec le foyer objet F_2 de l'oculaire.

1. Quelle doit être la longueur $d = f_1 + f_2$ de la lunette ?
2. Expliquer pourquoi un faisceau de rayons parallèles entrant dans l'objectif ressort également **parallèle** de l'oculaire.
3. Calculer le **grossissement angulaire** $G = \frac{f_1}{f_2}$ de cette lunette. L'image observée est-elle droite ou renversée ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 4

Principe du microscope optique : Un microscope est composé d'un **objectif** L_1 de très courte focale ($f_1 = 8{,}0$ mm) et d'un **oculaire** L_2 ($f_2 = 25$ mm), séparés par un tube fixe de longueur $d = 193$ mm.

1. On place un minuscule objet (cellule) de taille $h = 0{,}050$ mm ($50\ \mu$m) à $p_1 = 8{,}4$ **mm** devant l'objectif L_1. Calculer la position p_1' de l'image intermédiaire A_1B_1 et le grandissement γ_1 de l'objectif.
2. À quelle distance $p_2 = d - p_1'$ de l'oculaire L_2 se forme cette image intermédiaire ? Que vaut p_2 comparé à $f_2 = 25$ mm ?
3. Expliquer le rôle de l'oculaire lorsque $p_2 = f_2$, et calculer le grossissement commercial total si l'oculaire apporte un grossissement $G_2 = \frac{250\text{ mm}}{f_2} = 10\times$.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 5

Principe de la lunette de Galilée (objectif convergent + oculaire divergent) : Pour obtenir une image **droite** (à l'endroit) et un instrument plus court, Galilée remplaça l'oculaire convergent par une **lentille divergente**.

Une lunette de Galilée possède un objectif convergent L_1 de focale $f_1 = +40$ cm et un oculaire divergent L_2 de focale $f_2 = -5{,}0$ cm. En réglage afocal, les foyers images F_1' et objet F_2 (virtuel, situé derrière L_2) sont confondus, donc $d = f_1 + f_2$.

1. Calculer la longueur d de cette lunette de Galilée et la comparer à une lunette astronomique de mêmes focales ($|+40| + |-5| = 45$ cm).
2. Calculer le grossissement angulaire $G = \left|\frac{f_1}{f_2}\right|$, et expliquer pourquoi l'image observée est **droite**.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 6

Téléobjectif (association convergente + divergente espacées) : Un téléobjectif permet d'obtenir un grandissement important dans un boîtier court. Il associe une lentille convergente frontale L_1 ($f_1 = +100$ mm) et une lentille divergente arrière L_2 ($f_2 = -50$ mm) séparées par une distance $d = 75$ **mm**.

Un faisceau de rayons parallèles provenant d'un paysage à l'infini arrive sur L_1.

1. Où convergerait ce faisceau après L_1 si L_2 n'était pas là ? À quelle distance algébrique $p_2 = d - p_1'$ se trouve cet objet virtuel par rapport à L_2 ?
2. En appliquant la formule de conjugaison sur L_2 ($\frac{1}{p_2} + \frac{1}{p_2'} = \frac{1}{f_2}$), calculer la position p_2' derrière L_2 où se trouve le capteur pour obtenir une image nette.
3. Quelle est la longueur totale $d + p_2'$ de ce téléobjectif, alors qu'une lentille simple équivalente aurait besoin de 200 mm de tirage ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 7

Doublet convergente + divergente (objet à distance finie) : On place une lentille convergente L_1 ($f_1 = +20$ cm) et une lentille divergente L_2 ($f_2 = -15$ cm) séparées de $d = 45$ **cm**.

Un objet AB de hauteur $h = 3{,}0$ cm est placé à $p_1 = 60$ **cm devant** L_1.

1. Calculer la position p_1' et la hauteur h_1' de l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par L_1.
2. Quelle est la distance p_2 entre A_1B_1 et L_2 ?
3. Calculer la position p_2', le grandissement total γ_{tot} et la hauteur finale h_2' de l'image A_2B_2 donnée par L_2. Est-elle réelle ou virtuelle ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 8

Système à image réelle inversée puis redressée (véhicule optique / longue-vue terrestre) : Une longue-vue terrestre ajoute au milieu d'une lunette une **lentille redresseuse** L_2 de distance focale $f_2 = +10$ cm entre l'objectif et l'oculaire.

1. L'image intermédiaire A_1B_1 formée par l'objectif (de hauteur $h_1' = -1{,}2$ cm, donc renversée) doit être redressée à l'identique ($h_2' = +1{,}2$ cm, soit $\gamma_2 = -1$) sans changer sa taille. À quelle distance p_2 devant L_2 doit se trouver A_1B_1, et à quelle distance p_2' derrière L_2 se forme l'image redressée A_2B_2 ?
2. Quel rallongement total $p_2 + p_2'$ cela ajoute-t-il au tube de la longue-vue ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 9

Faisceau parallèle élargi (expanseur de faisceau laser) : En laboratoire de physique, on veut élargir le diamètre d'un faisceau laser parallèle de $d_1 = 2{,}0$ mm à $d_2 = 10{,}0$ mm tout en conservant un faisceau sortant **parallèle**.

On utilise deux lentilles convergentes montées en système afocal : d'abord une lentille L_1 de courte focale $f_1 = 20$ mm, puis une lentille L_2 de plus grande focale f_2.

1. Expliquer à l'aide des triangles semblables au foyer commun $F_1' = F_2$ pourquoi le rapport des diamètres du faisceau vaut $\frac{d_2}{d_1} = \frac{f_2}{f_1}$.
2. Calculer la distance focale f_2 nécessaire et la distance D à respecter entre les deux lentilles.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 10

Problème de synthèse (cas où la deuxième lentille est traversée avant la formation de A_1B_1) : Une lentille convergente L_1 ($f_1 = +30$ cm) et une seconde lentille convergente L_2 ($f_2 = +20$ cm) sont séparées de $d = 40$ **cm**.

Un objet AB de hauteur $h = 3{,}0$ cm est placé à $p_1 = 60$ **cm devant** L_1.

1. Calculer où se formerait l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par L_1 seule (p_1' et h_1').
2. Comme $p_1' > d$, les rayons rencontrent L_2 *avant* d'avoir convergé en A_1B_1. Quelle est la valeur algébrique $p_2 = d - p_1'$ à entrer pour L_2 ?
3. Calculer la position finale p_2' derrière L_2, le grandissement total γ_{tot} et la hauteur finale h_2'.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 11

On accole une lentille de $+10\,\delta$ et une lentille de $-4\,\delta$.

1. Calculer la vergence et la distance focale de l'ensemble.
2. Un objet est placé à 50 cm de l'ensemble. Où se forme l'image ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 12

Deux lentilles convergentes L_1 ($f_1 = 10$ cm) et L_2 ($f_2 = 20$ cm) sont séparées de 60 cm. Un objet de 1 cm est placé à 15 cm devant L_1.

1. Où L_1 forme-t-elle l'image intermédiaire A_1B_1 ? Quel est le grandissement γ_1 ?
2. Cette image sert d'objet pour L_2. Calculer la position de l'image finale et γ_2.
3. Calculer le grandissement total et la taille de l'image finale. Est-elle droite ou renversée ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 13

Une lunette astronomique a un objectif de distance focale $f_1 = 1\,000$ mm et un oculaire de $f_2 = 25$ mm. Elle est réglée pour donner d'un astre une image à l'infini (le foyer image de l'objectif coïncide avec le foyer objet de l'oculaire).

1. Quelle est la longueur de la lunette ?
2. Son grossissement vaut $G = \frac{f_1}{f_2}$. Le calculer.
3. La Lune a un diamètre apparent de $0{,}5°$. Sous quel angle la voit-on dans la lunette ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 14

Un microscope possède un objectif marqué « $\times 40$ » et un oculaire marqué « $\times 10$ ».

1. Quel est le grossissement total ?
2. Une cellule de $20\,\mu$m de diamètre est observée. Quelle taille semble-t-elle avoir (vue à 25 cm) ?
3. On veut un grossissement de 1 000. Avec le même oculaire, quel objectif faut-il ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 15

Une lunette de Galilée est formée d'un objectif convergent ($f_1 = 50$ cm) et d'un oculaire **divergent** ($f_2 = -5$ cm). Pour un réglage afocal, la distance entre les lentilles vaut $f_1 + f_2$.

1. Calculer la longueur de la lunette.
2. Calculer le grossissement $G = \left|\frac{f_1}{f_2}\right|$.
3. Quel avantage présente cette lunette par rapport à la lunette astronomique ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 16

On veut élargir le faisceau d'un laser de 2 mm de diamètre. On utilise une lentille divergente L_1 ($f_1 = -2$ cm) suivie d'une lentille convergente L_2 ($f_2 = 10$ cm), placées de façon que le foyer image de L_1 coïncide avec le foyer objet de L_2.

1. Quelle est la distance entre les deux lentilles ?
2. Le faisceau qui sort est parallèle. Quel est son diamètre ? (Utiliser des triangles semblables.)

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 17

Des jumelles portent l'inscription « 8×42 ».

1. Que signifient ces deux nombres ?
2. La **pupille de sortie** (diamètre du faisceau qui sort de l'oculaire) vaut $\frac{\text{diamètre de l'objectif}}{\text{grossissement}}$. La calculer.
3. La nuit, la pupille de l'œil atteint 7 mm. Des jumelles 10×25 sont-elles adaptées à l'observation nocturne ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 18

Un œil myope a une vergence de $62\,\delta$ au repos, alors qu'il lui faudrait $60\,\delta$ pour voir net à l'infini. Il porte des lentilles de contact (accolées à l'œil).

1. Quelle vergence doivent avoir les lentilles de contact ?
2. Pourquoi peut-on simplement additionner les vergences dans ce cas ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 19

Un appareil photo possède un zoom dont la distance focale varie de 18 mm à 55 mm. On photographie une tour très éloignée.

1. Pour un objet lointain, la taille de l'image est proportionnelle à la distance focale. Par combien la taille de l'image de la tour est-elle multipliée en passant de 18 à 55 mm ?
2. Quelle est la conséquence sur le champ photographié ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 20

Une lunette astronomique ($f_1 = 80$ cm, $f_2 = 4$ cm) donne une image renversée. Pour l'utiliser comme longue-vue terrestre, on ajoute entre l'objectif et l'oculaire une lentille de redressement L_3 ($f_3 = 5$ cm) en montage $2f$–$2f$.

1. Quel est le grandissement de la lentille de redressement ? Quel est son effet ?
2. De combien la lunette s'allonge-t-elle ?
3. Quelle est la longueur totale de la longue-vue et son grossissement ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 21

Deux lentilles minces accolées ont des vergences $+6$ et -2 dioptries. Donne la vergence totale.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 22

Quelle lentille mince accoler à une lentille de $+3$ dioptries pour une vergence totale nulle ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 23

Des lentilles accolées ont des focales $+20$ cm et $+50$ cm. Quelle est la focale du système, au dixième de centimètre ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 24

On accole une lentille de focale -25 cm et une de focale $+50$ cm. Détermine le type de système.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 25

Un faisceau parallèle sort parallèle d'un ensemble de deux lentilles convergentes séparées. Quel point doit être commun dans le réglage afocal ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 26

Deux lentilles convergentes de focales 15 et 5 cm ont un foyer commun entre elles. À quelle distance sont-elles ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 27

La première lentille crée une image réelle 15 cm derrière elle. La seconde est placée 40 cm derrière la première. Quelle est la distance objet pour cette seconde lentille ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 28

Un système de lentilles accolées a une focale totale de $+40$ cm. L'une vaut $+4$ dioptries. Trouve la vergence de l'autre.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 29

Une étape optique a un grandissement de -2 et la suivante de -3. Si l'image intermédiaire sert d'objet, calcule le grandissement final.

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site

Exercice 30

Pourquoi ne peut-on généralement pas additionner les vergences de deux lentilles largement séparées pour calculer la vergence équivalente ?

Voir la réponse et le corrigé détaillé sur le site