

N° Fiche : 4

Difficulté : Durée :

Niveau : Lycée, T^{ale} spé

Les lentilles gravitationnelles

► La Question qui tue :

Y voit-on clair ?

► Présentation :

Il s'agit d'un exercice visant à utiliser la relation de conjugaison de Descartes, en opérant une analogie sur des objets et phénomènes célestes.



Photographie d'un arc gravitationnel, prise par le satellite Hubble.

► Réf. Livre

Références au programme

T^{ale} S – Enseignement de spécialité de physique : Produire des images, observer.

Notions et Compétences

- Connaître la définition de la distance focale et de la vergence et leurs unités.
- Connaître et savoir appliquer la relation de conjugaison d'une lentille mince sous forme algébrique.
- Savoir convertir les distances et angles en différentes unités.

Compétences transversales

- Comprendre les limites d'un modèle, d'une analogie.

Prérequis

Avoir étudié la relation de conjugaison de Descartes pour une lentille mince.

Matériel

Ressources et liens

Mots-clefs

Lentille mince, relation de conjugaison, Descartes, distance focale, vergence, lentille gravitationnelle.

Scénario

- Présentation du phénomène de lentilles gravitationnelles [vidéo / ppt, à voir ; + dynamique qu'un texte]

Le but des exercices suivants est de calculer la distance focale et la vergence équivalentes d'une lentille optique pour une lentille gravitationnelle, en connaissant les distances source – lentille et lentille – observateur.

On précisera qu'ici on ne considère ni l'objet, ni l'observateur, à des distance infinie de la lentille, bien que celles-ci soient très grandes par rapport aux cas étudiés en cours.

Exercice A/ Calculs sans notion mathématique lourde (niveau de pré-requis en plus : 2^{nde}) [valide ?]

- 1) Rappeler la vitesse de la lumière dans le vide
- 2) Re-calculer en mètre la valeur d'une année – lumière, sachant que c'est la distance parcourue en une année par la lumière.
- 3) Expliquer la phrase : "Voir loin, c'est voir dans le passé" [trop "seconde" ?!]
- 4) Rappeler la relation de conjugaison de Descartes pour les lentilles minces.
- 5) << Une équipe internationale de chercheurs a pensé à se servir d'un amas de galaxies, Abell 2218, distant de 2 milliards d'années-lumière de la Terre, comme d'une "lentille cosmique" pour amplifier la très faible luminosité d'étoiles situées bien au-delà de cette distance. Grace à cette lentille gravitationnelle, les cosmologistes ont obtenu une photo présentant les étoiles telles qu'elles étaient il y a 13,4 milliards d'années ; soit seulement un milliard d'années après le big-bang. Cette photo présente un amas d'environ un million d'étoiles, concentrée en un espace d'à peine 500 années-lumière. >>

[Extrait d'un texte de Céline Ravallec, sur le site de la cité des sciences de la Villette]
Extraire du texte ci-dessus les données numériques nécessaires à l'application de la loi de Descartes.

Vous justifierez vos choix.

- 6) Convertir ces données en mètres.
- 7) Calculer la vergence et la distance focale de cette lentille.
- 8) Faire un schéma à l'échelle de ce système optique.

Exercice B/

On note : D_{LS} = la distance lentille gravitationnelle / source lumineuse très lointaine et
 D_{LO} = la distance lentille gravitationnelle / observateur (terrestre ou depuis un satellite).

➤ L'une des distances est donnée en parsec → déf° Définition du parsec :

➤ La 2^e est trouvée à partir de la formule des lentilles gravitationnelles

Soit θ la distance angulaire de l'arc à la lentille gravitationnelle qui lui a donné naissance.

$$\theta = 4 \cdot \pi \cdot \frac{D_{LS} \cdot D_{LO}}{D_{SO}^2} \cdot \frac{G}{c^3} \cdot M$$

On donne :

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, la constante gravitationnelle.

$M =$, la masse de l'amas qui joue le rôle de lentille gravitationnelle.

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, la célérité de la lumière dans le vide.

$D_{SO} =$, la distance entre l'observateur et la source très lointaine.

$\theta =$, le rayon angulaire de l'arc gravitationnel.

Sachant que $D_{SO} = D_{SL} + D_{LO}$, exprimer D_{SL} / D_{LO} , puis déterminer D_{SL} et D_{LO} .

➤ Enfin, il faut convertir en km et m pour la formule de Descartes.

Q° finale après les exercices :

En vous appuyant sur l'analogie lentille mince optique – lentille gravitationnelle, expliquez pourquoi il est logique que l'image observée lors du mirage soit agrandie et plus brillante ?

A quelle relation cela correspond-t-il ?

↳ A la relation de grandissement.

Interdisciplinarité