

# Lentes divergentes



## Objetivo

Estudiar propiedades de lentes divergentes. Análisis de aberraciones por esfericidad.

## Actividad 1

### Lentes divergentes

Estas lentes tienen la característica de ser más delgadas en el centro que en la periferia y dan imágenes virtuales de objetos reales (cualquiera sea la posición de éstos), por tal razón no es posible utilizar el mismo método que se usa para lentes convergentes para determinar su distancia focal.

- Demuestre esta afirmación a partir de la ecuación de Gauss o Newton.
- Un método sencillo de estimar el valor de la distancia focal de una lente divergente consiste en usar un conjunto de rayas paralelas y equiespaciadas como indica la Figura 1. Trate de ver simultáneamente una parte del objeto en forma directa y parte a través de la lente; con un poco de práctica pronto se logra esta situación. Se varía la distancia objeto-lente hasta que el aumento es  $\frac{1}{2}$ , lo cual se caracteriza por el hecho de que en esta condición (aumento  $\frac{1}{2}$ ) tres líneas paralelas de la imagen coinciden con dos del objeto. En esta situación, la distancia objeto-lente es la distancia focal. Demuestre esta afirmación. Usando una lente divergente de algún compañero miope, determine la distancia focal de la misma y compare con el valor nominal de las dioptrías prescrita por el oftalmólogo al dueño de los anteojos.

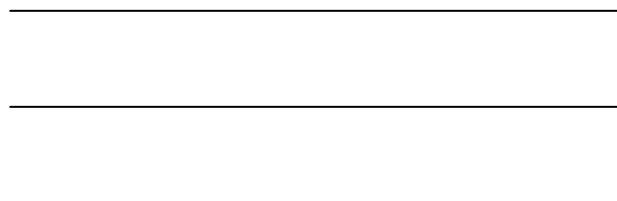
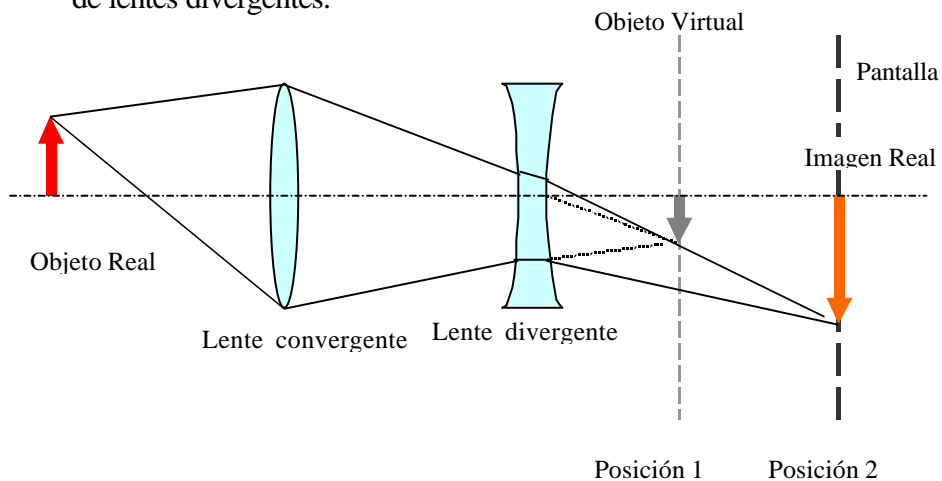


Figura 1

- a) Un método utilizado para determinar la distancia focal de una lente divergente consiste en medir las distancias objeto-imagen como en el caso de las lentes convergentes (ver Lentes convergentes). Como para determinar  $q$  es necesario que la imagen sea real, para poder recogerla sobre una pantalla se utiliza, como *objeto virtual*, la imagen dada por una lente convergente. La disposición experimental es la que se muestra en la Figura 2. Recoja en la pantalla la imagen del objeto formada por la lente convergente sola. ¿Cuál es la mínima distancia a la que debe de colocar el objeto de la lente convergente para que se forme una imagen real de esta lente (objeto virtual para la segunda lente)? ¿Por qué?. Lea la posición de dicha imagen sobre la regla del banco óptico y determine su error. Intercale la lente divergente entre la primera lente (convergente) y la imagen real de la misma como indica la Figura 2. Determine la posición del objeto virtual, la segunda lente (divergente) y la posición de la imagen resultante de las dos lentes combinadas con sus respectivos errores. Realice hipótesis razonables que le permitan acotar o estimar dichos errores.
- b) Desplace la pantalla. Si la desplace hacia la izquierda o hacia la derecha, ¿la imagen será mayor o menor?. ¿Por qué?. Lea la posición de la imagen final sobre la regla. Con las lecturas efectuadas determine  $p$  y  $q$  (de la lente divergente) y con estos valores estime  $f$  para la lente divergente. Estime los errores en esta magnitud.
- c) Consulte la bibliografía sobre otras alternativas para medir la distancia focal de lentes divergentes.

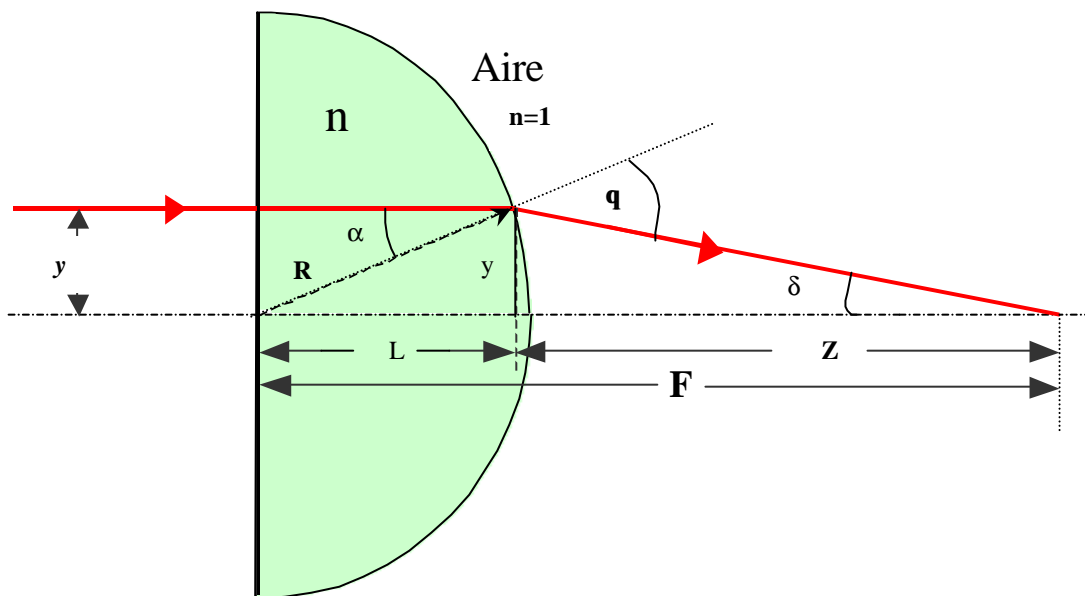


**Figura 2.** Una manera de medir la distancia focal de lentes divergentes

## Actividad 2

### Lentes gruesas, aberraciones de esfericidad

En este punto se trata de medir la distancia focal de una lente gruesa plano-convexa. Este experimento se lleva a cabo utilizando un semicilindro de acrílico lleno de agua o bien un semicilindro macizo de material transparente (acrílico o vidrio). El objetivo de este estudio es observar las aberraciones de esfericidad asociadas a un sistema equivalente a una lente gruesa. La propuesta consiste en usar un láser para generar un haz de luz paralelo al eje óptico del sistema y desplazado lateralmente del mismo una distancia  $y$ , como muestra la Figura 3.



**Figura 3.** Observaciones de aberraciones por esfericidad

- Midiendo la distancia  $F$ , de la cara plana al punto donde el haz del láser intercepta al eje óptico, determinamos “la distancia focal” de esta lente cilíndrica. El objeto del experimento es por consiguiente estudiar la dependencia de  $F$  con  $y$ , para  $0 < y < R$ . Construya un gráfico de  $F$  en función de  $y$ . Sobre el mismo gráfico indique con trazos continuos las predicciones de un cálculo teórico para esta dependencia.

## Apéndice

Cosiderar un rayo de luz que incide sobre una lente gruesa de índice de refracción  $n$  en forma perpendicular a la cara plana. A partir de esta situación se puede obtener una expresión para su distancia focal en el caso que se supongan válidas ciertas aproximaciones.

Por ley de Snell tenemos:

$$n \cdot \text{sen } \mathbf{a} = \text{sen } \mathbf{q} \quad (\text{A1})$$

donde 
$$\text{sen } \mathbf{a} = \frac{y}{R} \quad (\text{A2})$$

Tenemos además que:

$$\mathbf{a} = \mathbf{q} - \mathbf{d} \quad (\text{A3})$$

por lo tanto:

$$\text{tg } \mathbf{d} = \frac{\left(\sqrt{R^2 - n^2 \cdot y^2} - n \cdot \sqrt{R^2 - y^2}\right)}{\left(\sqrt{R^2 - n^2 \cdot y^2} \cdot \sqrt{R^2 - y^2}\right) + n \cdot y^2} \approx \frac{y}{R} \cdot \frac{\left(1 - n^2 \cdot \frac{y^2}{2 \cdot R^2}\right) - n \cdot \left(1 - \frac{y^2}{2 \cdot R^2}\right)}{\left(1 - n^2 \cdot \frac{y^2}{2 \cdot R^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{y^2}{2 \cdot R^2}\right) - n \cdot \frac{y^2}{R^2}} \quad (\text{A4})$$

de donde se obtiene:

$$\begin{aligned} L = \frac{y}{\text{tg } \mathbf{a}} &= \sqrt{R^2 - y^2} \approx R \cdot \left(1 - \frac{y^2}{2 \cdot R^2}\right) \\ z = \frac{y}{\text{tg } \mathbf{d}} &\approx \frac{R}{n-1} \cdot \left(1 - \frac{y^2}{2 \cdot R^2} \cdot (n-1)^2\right) \end{aligned} \quad (\text{A5})$$

y por lo tanto:

$$F = L + z \approx \left(\frac{n}{n-1}\right) \cdot R - \frac{y^2}{2 \cdot R} \cdot n = F_0 \cdot \left(1 - \frac{y^2}{2 \cdot R^2} \cdot (n-1)\right) \quad (\text{A6})$$

$$F_0 = \left(\frac{n}{n-1}\right) \cdot R$$

## Bibliografía

1. *Optics*, E. Hecht, Addison-Wesley Pub. Co., New York (1990).
2. *Trabajos prácticos de física*, J. E. Fernández y E. Galloni, Editorial Nigar, Buenos Aires (1968).
3. *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, D. Halliday, R. Resnick y J. Walker, 4ta. ed., Trad. de Fundamentals of Physics, John Wiley & Sons, Inc. New York (1993).
4. *Phys. Teach.* **37**, 94 (1999), *Phys. Teach.* **37**, 104 (1999).
5. *Locating images formed by diverging lenses*, D. A. Crandles and R. P. Kauffman, *Phys. Teach.* **35**, 369 (1997).