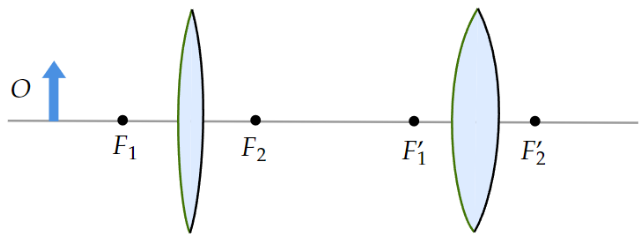
FI1100 Introducción a la Física Moderna
Tutor: Brandon Alvarado Guerra
Fecha: 19 de octubre de 2022

Tutoría 5

P1. Determine la posición y la orientación de la imagen creada por las dos lentes combinadas.

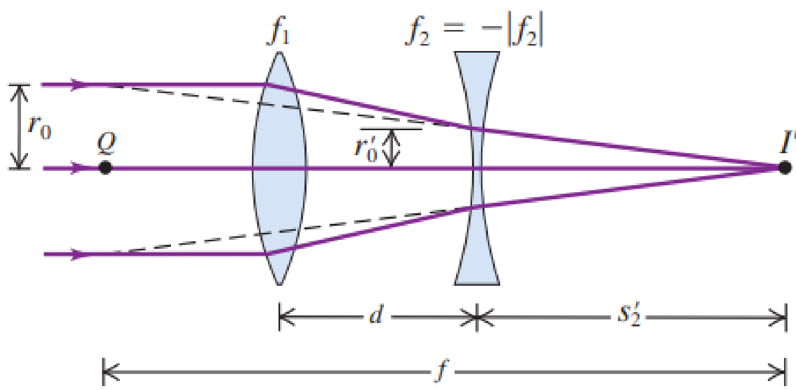


P2. La figura muestra una versión simplificada de una lente zoom. La lente convergente tiene una distancia focal f_1, y la lente divergente, una distancia focal $f_2 = -|f_2|$. Las dos lentes están separadas por una distancia variable d que siempre es menor que f_1. Asimismo, la magnitud de la distancia focal de la lente divergente satisface la desigualdad $|f_2| > (f_1 - d)$. Para hallar la distancia focal efectiva de la lente combinada, considere un haz de rayos paralelos de radio r_0 que entran en la lente convergente.

a) Demuestre que el radio del haz de rayos disminuye hasta $r_0' = r_0(f_1 - d)/f_1$, en el punto donde penetra en la lente divergente.

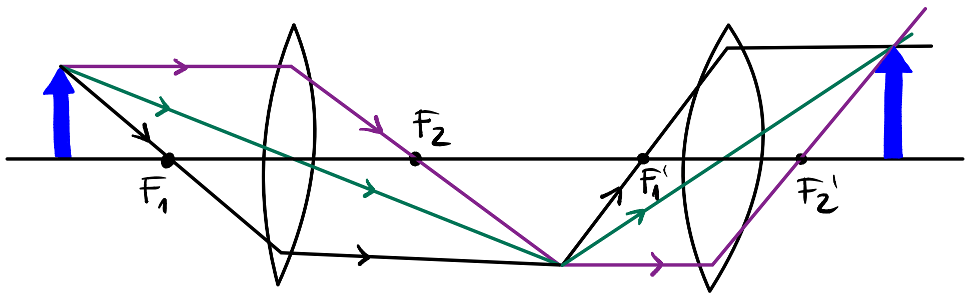
b) Demuestre que la imagen final I' se forma a una distancia $s_2' = |f_2|(f_1 - d)/(|f_2| - f_1 + d)$ a la derecha de la lente divergente.

c) Si los rayos que emergen de la lente divergente y alcanzan el punto de imagen final se prolongan hacia atrás, a la izquierda de la lente divergente, terminarán expandiéndose hasta el radio original r_0 en algún punto Q. La distancia de imagen final al punto Q es la distancia focal efectiva f de la combinación de lentes; si se sustituyera la combinación por una sola lente de distancia focal f colocada en Q, los rayos paralelos seguirían enfocándose en I'. Demuestre que la distancia focal efectiva es $f = f_1|f_2|/(|f_2| - f_1 + d)$.



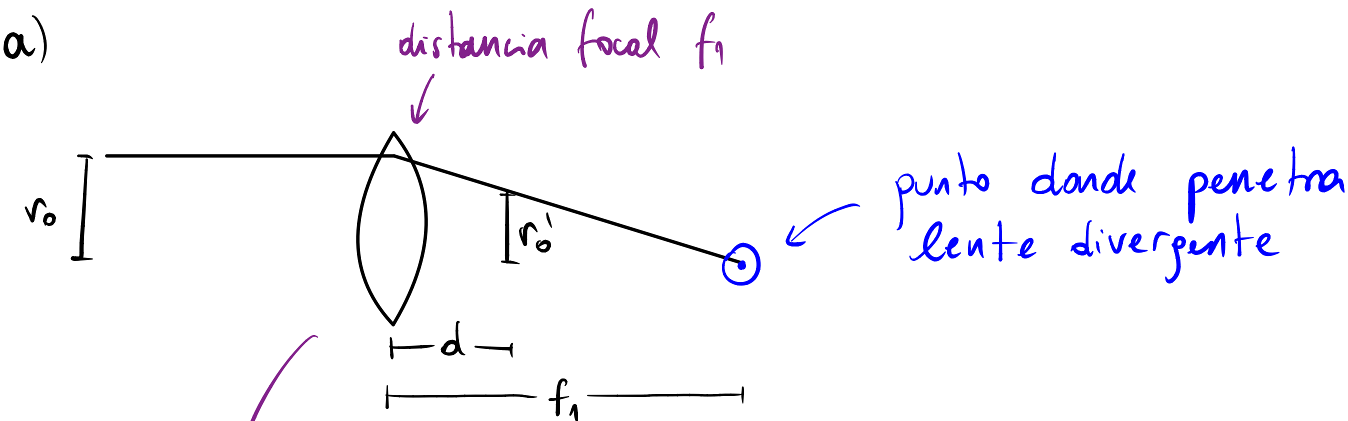
P3. Se realiza un experimento de doble rendija usando un láser de He-Ne ($\lambda = 633$ nm). Luego, se coloca un placa muy delgada de vidrio ($n = 1,5$) sobre una de las ranuras. Se observa que el punto central en la pantalla está ahora ocupado por la que había sido la franja oscura correspondiente a $m = 10$. ¿Cuán grueso es el vidrio? Considere que la pantalla está ubicada muy lejos, de manera que vale la aproximación paraxial (todos los ángulos son muy pequeños).

P1.

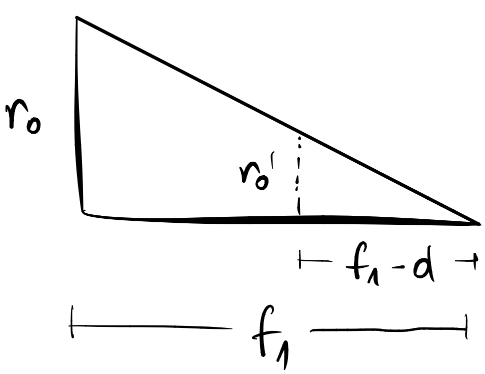


P2.

a)



Notamos lo siguiente:



$$\Rightarrow \frac{r_0}{f_1} = \frac{r_0'}{f_1 - d} \Rightarrow r_0' = r_0 \frac{f_1 - d}{f_1} \qquad (1)$$

b) De manera general, sabemos que se cumplirá

$$s_2' = \frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2}$$

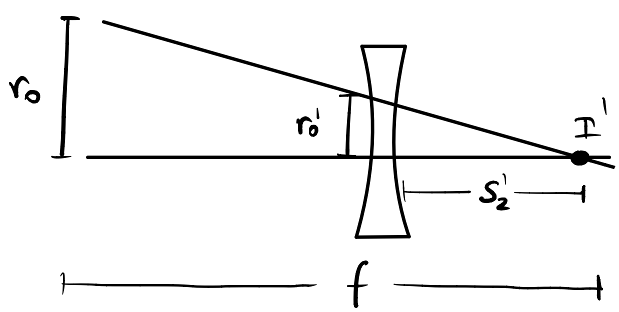
Podemos relacionar la nueva distancia inicial con la final inicial, por lo que

$$s_2 = -(f_1 - d) = d - f_1 \Rightarrow s_2' = \frac{(d-f_1) f_2}{d - f_1 - f_2}$$

Como $f_2 < 0 \Rightarrow |f_2| = -f_2$

$$\Rightarrow s_2' = \frac{|f_2| (f_1 - d)}{|f_2| - f_1 + d} \qquad (2)$$

c)



Análogo a lo realizado en la parte a), tenemos

$$\frac{r_0}{f} = \frac{r_0'}{s_2'} \Rightarrow f = s_2' \frac{r_0}{r_0'} \qquad (3)$$

Sabemos por (1) que

$$\frac{r_0}{r_0'} = \frac{f_1}{f_1 - d} \qquad (4)$$

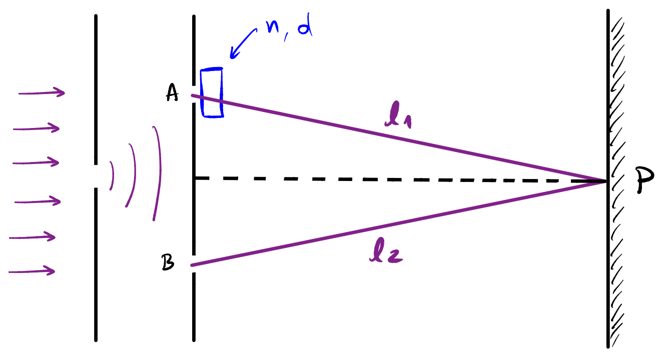
Reemplazando (3) en (4) $\Rightarrow$ $f = \frac{f_1 s_2'}{(f_1 - d)}$ (5)

Y reemplazando (2) en (5) se obtiene

$$f = \frac{f_1 |f_2| \cancel{(f_1 - d)}}{(|f_2| - f_1 + d)\cancel{(f_1 - d)}}$$

$$\Rightarrow \quad f = \frac{f_1 |f_2|}{|f_2| - f_1 + d}$$

P3. Gráficamente tenemos



Sabemos que la diferencia de fases está dada por

$$\Delta\phi = k(l_1 - l_2) \qquad (*)$$

Pero en este caso al tener una placa de vidrio, tenemos un nuevo λ:

$$\underbrace{\lambda' = \frac{\lambda}{n}}_{\text{índice del vidrio}} \Rightarrow k' = \frac{2\pi}{\lambda'} = \frac{2\pi n}{\lambda}$$

Por lo que (*) no se cumple, en este caso tenemos

$$k'd = kd + \Delta\phi \Rightarrow \Delta\phi = k'd - kd = \frac{2\pi n}{\lambda} d - \frac{2\pi}{\lambda} d$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = \frac{2\pi d}{\lambda}(n-1),$$

donde el parámetro d representa el grosor del vidrio.

Para determinar d usamos la información del enunciado. Sabemos que para $m = 10$ se observa una $\underbrace{\text{franja oscura}}_{\text{interferencia destructiva}}$, por lo que

$$\Delta\phi = (2m \pm 1)\pi \Big|_{m=10} \begin{matrix} \nearrow 21\pi \\ \searrow 19\pi \end{matrix}$$

Cualquiera es correcta!

Igualando las diferencias de fase

$$\frac{2\cancel{\pi} d}{\lambda}(n-1) = N\cancel{\pi}$$

N será 21 ó 19

$$d = \frac{N\lambda}{2(n-1)}$$

Con $21\pi \Rightarrow d \approx 13.3$ nm

Con $19\pi \Rightarrow d \approx 12$ nm