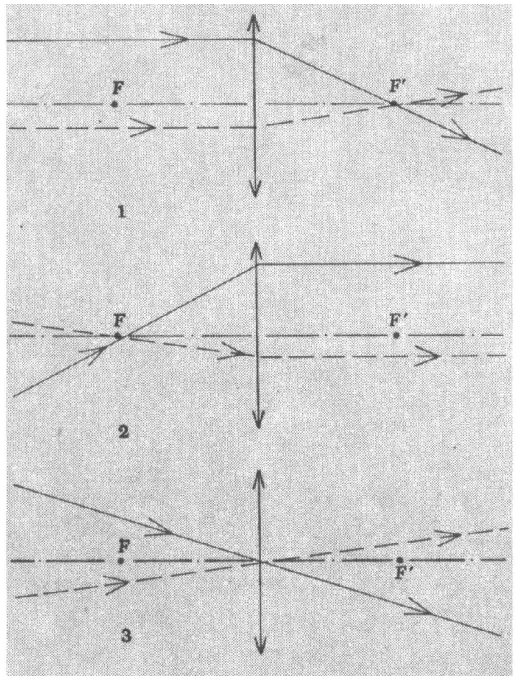


Fig. Rayos notables en las lentes convergentes

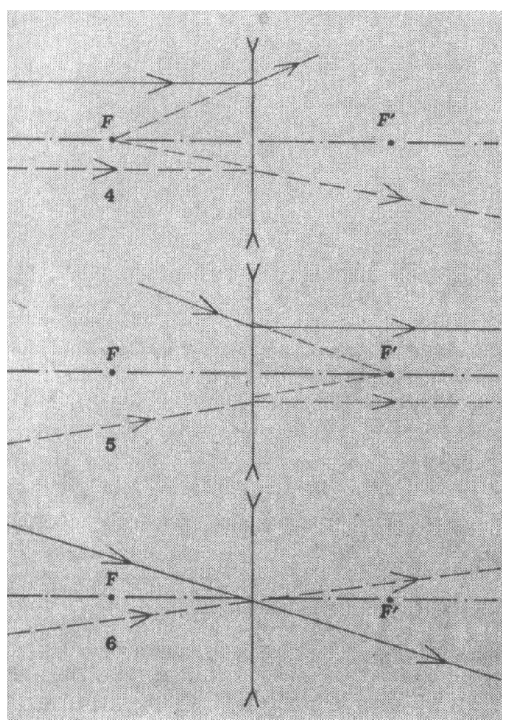


Fig. Rayos notables en las lentes divergentes.

Por otro lado, un cálculo más laborioso de la geometría producida por los rayos de luz que inciden y se refractan en una lente, es posible encontrar una ecuación que relaciona las distancias objeto e imagen. La ecuación encontrada, conocida como la ecuación para las lentes delgadas es:

$$\frac{1}{o}+\frac{1}{i}=\frac{1}{f}, \tag{9.9}$$

donde el convenio de signos utilizados es el mismo para los espejos.

Observamos primero el lado de la lente en la cual incide la luz. Debido a que la lente es transparente, la luz pasará a través de esta. De este modo, el lado de la lente del cual proviene la luz se llama lado V (la V por imagen virtual). El otro lado de la lente, contrario a la cual incide la luz, se llama lado R (la R por imagen real) debido a que las imágenes formadas en ese lado de la lente son reales, ya que la luz refractara toda la imagen en dicha región.

1. La distancia imagen i es positiva si la imagen (real) se encuentra en el lado R de la lente; i es negativa si la imagen (virtual) se encuentra en el lado V de la lente.
2. La distancia objeto “o” es positiva si sobre la lente inciden rayos divergentes. La distancia objeto “o” es negativa si sobre la lente inciden rayos convergentes.
3. El punto focal F es positivo si queda en el lado R de la lente, negativo si queda en el lado V.

En general puede observarse que la imagen de un objeto colocado entre el foco y el doble de la distancia focal de una lente convergente es real, invertida, mayor que el objeto y colocada más atrás que el doble de la distancia focal. La imagen de un objeto que se encuentra entre el foco y una lente convergente, es virtual, mayor que el objeto, derecha y colocada del mismo lado de la lente que el objeto.
Las imágenes de las lentes divergentes siempre son virtuales, más pequeñas que el objeto y colocadas del mismo lado de la lente que el objeto, entre éste y la lente.

Aumento lateral (m):

La figura muestra a un rayo proveniente de la punta de una vela que sirve como objeto. Pasa a través del centro de curvatura de la lente y llega hasta la punta de la imagen. Para los triángulos semejantes abc y dec se puede escribir,

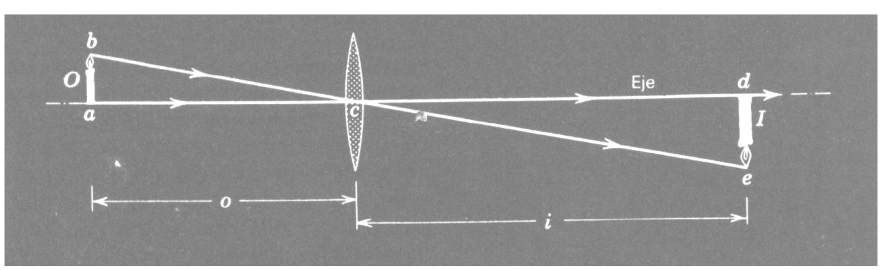


Fig. La posición de la imagen de un objeto extendido, tal como el de una vela.

$$\frac{de}{ab} = \frac{dc}{ac}.$$

El lado derecho de esta ecuación es i/o y el lado izquierdo es $-m$, en donde m es el aumento lateral. El signo menos se introduce debido a que se quiere que m sea negativo para una imagen invertida. Esto conduce a

$$m = -\frac{i}{o}, \tag{9.10}$$

que se cumple en todos los tipos de lentes delgadas y para todas las distancias objeto.

Ejemplos:

1. Un espejo tiene un radio de $1{,}6[m]$. Si este produce una imagen 3 veces mayor y derecha:
   a. Encuentre la naturaleza del espejo,
   b. La ubicación del objeto,
   c. Haga un diagrama trazando algunos rayos.

Solución:

Como $m = -\frac{i}{o} = +3$, para un objeto real, la imagen debe ser virtual (negativa) y aumentada. Este es el caso de un espejo cóncavo.

Por otro lado, usando las ecuaciones:

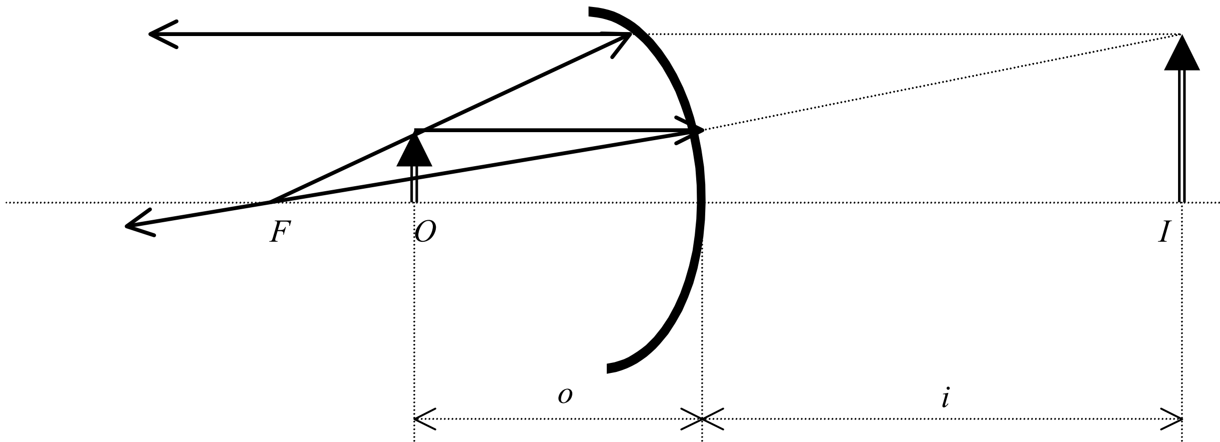
$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r}, \tag{1}$$

$$m = +3 = -\frac{i}{o}, \tag{2}$$

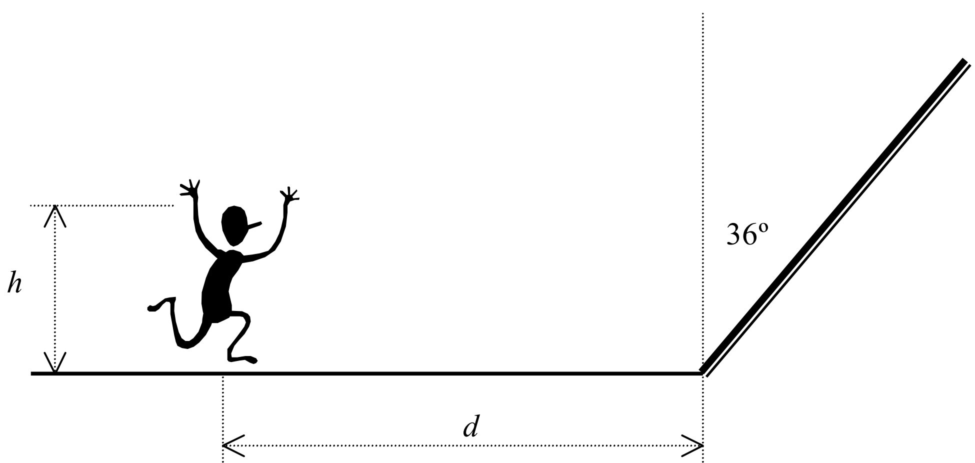
de (2), considerando i negativa, $i = 3 \cdot o$. Reemplazando en (1):

$$\frac{1}{0} - \frac{1}{3 \cdot o} = \frac{2}{r} = \frac{1}{0{,}8}.$$

Resolviendo para o, encontramos: $0 = \frac{16}{30}[m] = 53{,}3[cm]$.

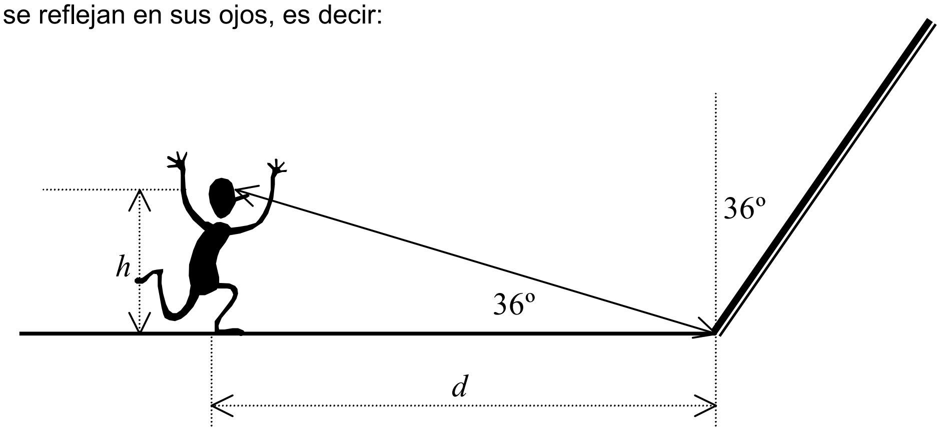


2. Delante de un espejo plano, inclinado un ángulo de 36^{o} respecto a la vertical, se encuentra una persona cuyos ojos están a una altura $h = 1{,}5[m]$ del suelo. Calcular la distancia máxima d a la cuál puede pararse la persona para que vea sus ojos.



Solución:

La máxima distancia d a la cual la persona puede ver la imagen de sus ojos, corresponde cuando los rayos incidentes chocan al espejo el la parte inferior de forma perpendicular y a través de la misma línea se reflejan en sus ojos, es decir:



$$tg(36^o)=\frac{h}{d},\ d=\frac{h}{tg(36^o)}=2{,}06[m].$$

3. Una persona tiene visión lejana borrosa porque las imágenes se forman (o enfocan) $1[mm]$ delante de la retina. Determine la distancia a la que ve claras las letras del diario, si el cristalino no cambia su radio de curvatura.