

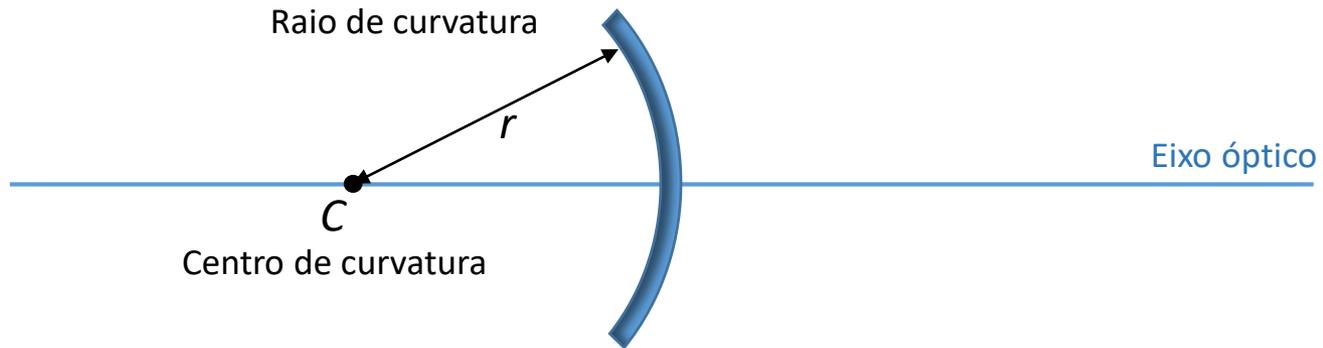
SLC 642 – Laboratório de Óptica

Licenciatura em Ciências Exatas – São Carlos

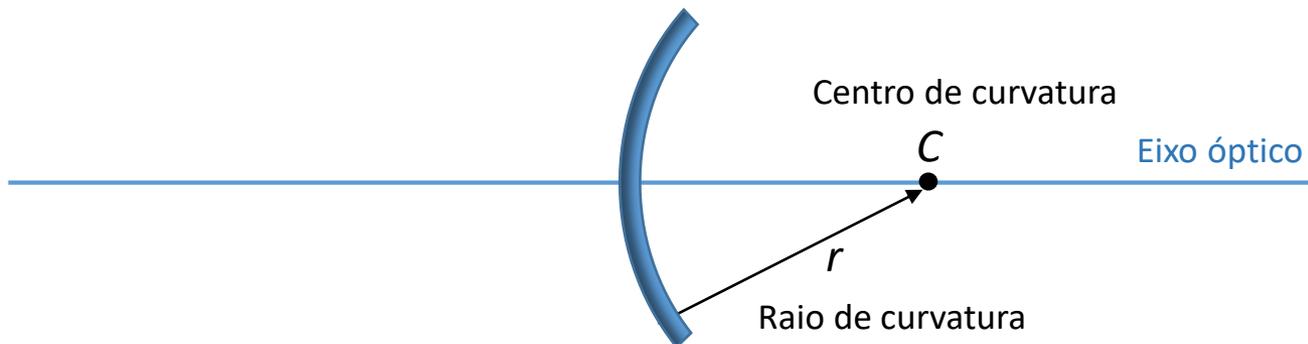
Prática 2:
Espelhos e lentes esféricas

23/08/20223

Espelhos côncavos



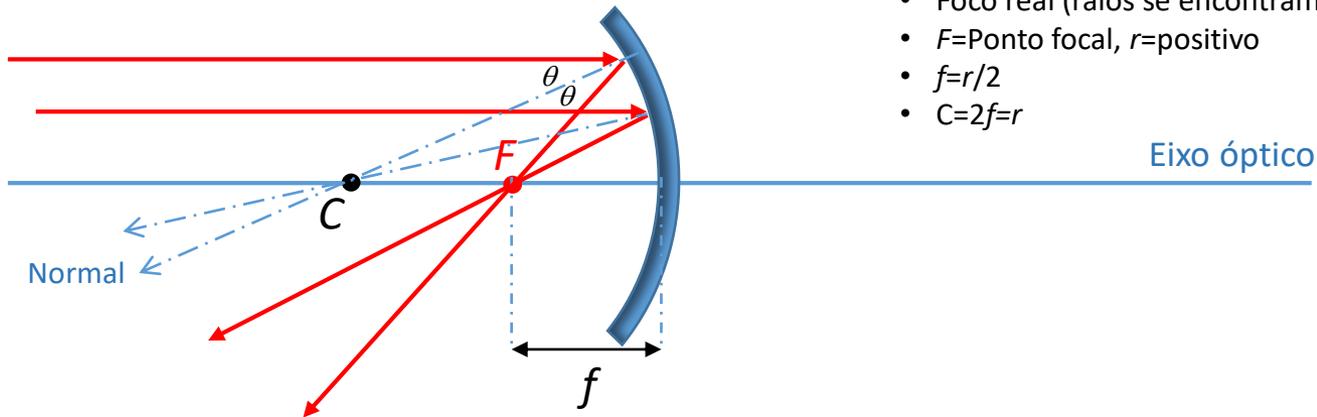
Espelhos convexos



Reflexão em superfícies curvas: Espelhos curvos

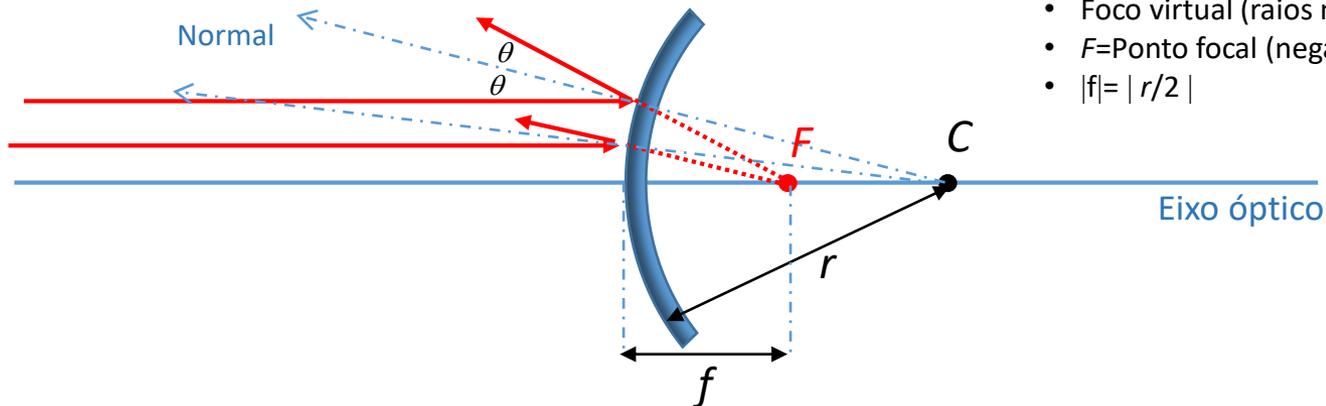
Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal:

Superfície côncava



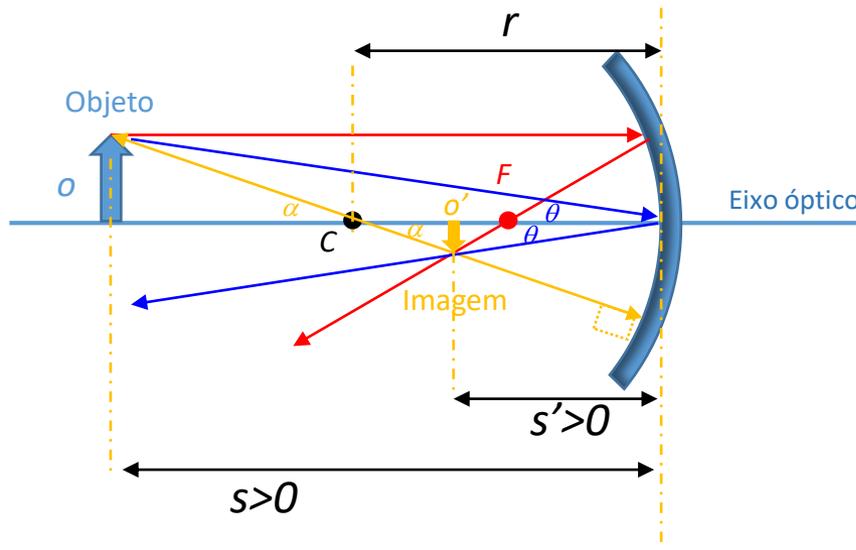
- Normal passa pelo centro de curvatura
- Foco real (raios se encontram de verdade)
- F =Ponto focal, r =positivo
- $f=r/2$
- $C=2f=r$

Superfície convexa



- Normal passa pelo centro de curvatura
- Foco virtual (raios não se encontram)
- F =Ponto focal (negativo), r =negativo
- $|f|=|r/2|$

Espelho côncavo: 3 feixes importantes para formação de imagens



Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal F .

Feixes que refletem pelo vértice, mesmo ângulo:
 $\theta_i = \theta_r = \theta$.

Feixes que passam pelo centro de curvatura, retornam sobre eles mesmos: $\theta_i = \theta_r = 0$ (incidência normal).

$$\alpha = \frac{o}{s-r} = \frac{o'}{r-s'}$$

$$\theta = \frac{o}{s} = \frac{o'}{s'}$$

$$\frac{o}{o'} = \frac{s-r}{r-s'} \iff \frac{o}{o'} = \frac{s}{s'}$$

$$\frac{s-r}{r-s'} = \frac{s}{s'}$$

$$(s-r)s' = s(r-s')$$

$$ss' - s'r = sr - ss'$$

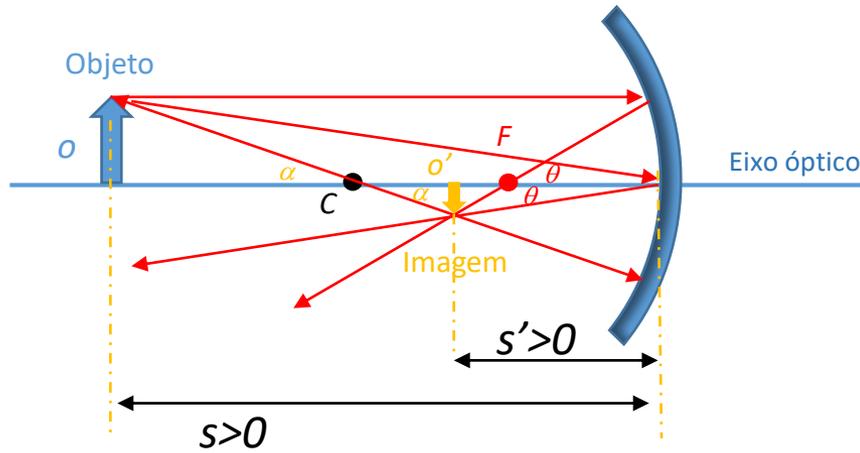
$$2ss' = sr + s'r \iff r = 2f$$

$$2ss' = 2fs + 2fs'$$

Equação de Gauss $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$

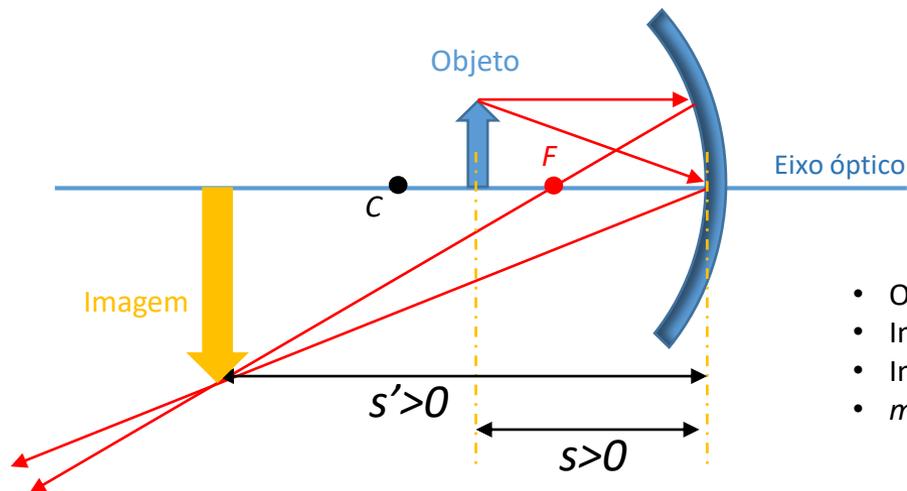
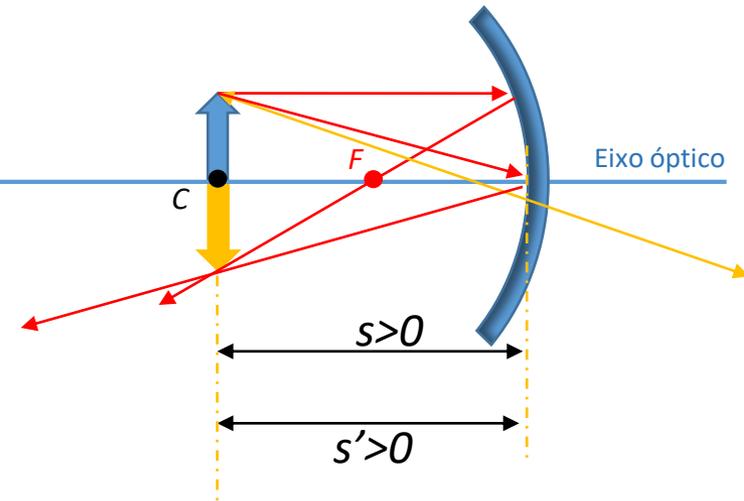
$$\text{magnificação} = m = \frac{o'}{o} = \frac{-s'}{s}$$

Espelho côncavo: Formação de imagem



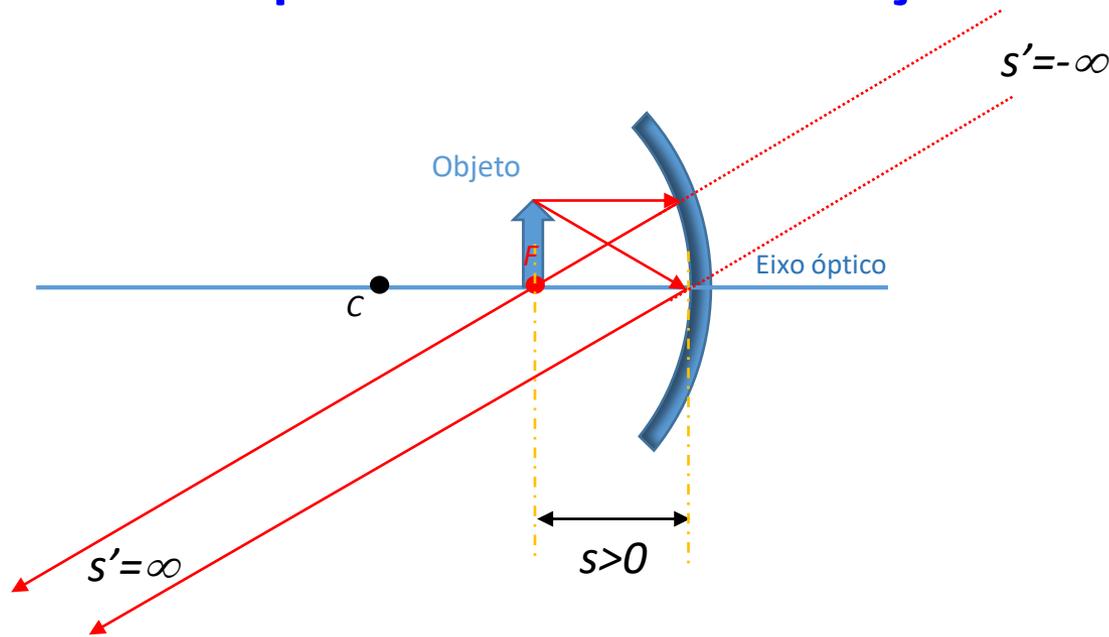
- Objeto, $s > C(2f)$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $f < s' < C$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, menor, invertida
- $m = \text{negativo}$, $|m| < 1$

- Objeto, $s = C$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' = C$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, igual, invertida
- $m = -1$

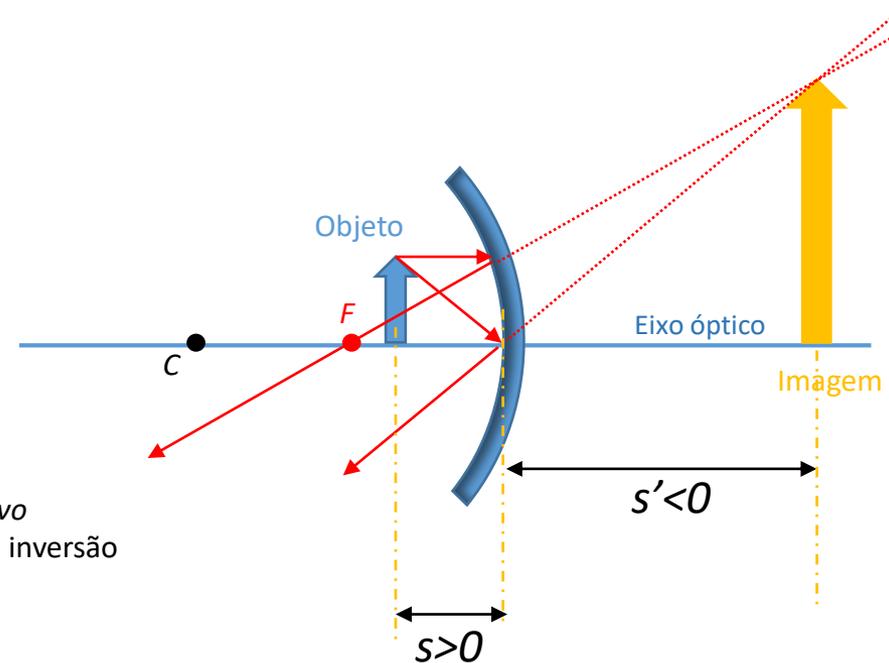


- Objeto, $f < s < C$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' > C$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, maior, invertida
- $m = \text{negativo}$, $|m| > 1$

Espelho côncavo: “Formação de imagem”

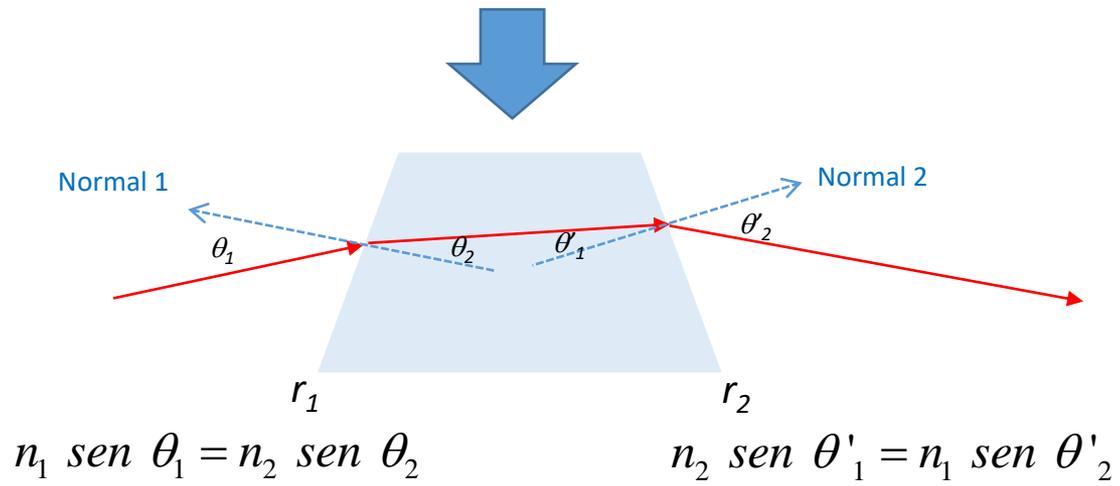
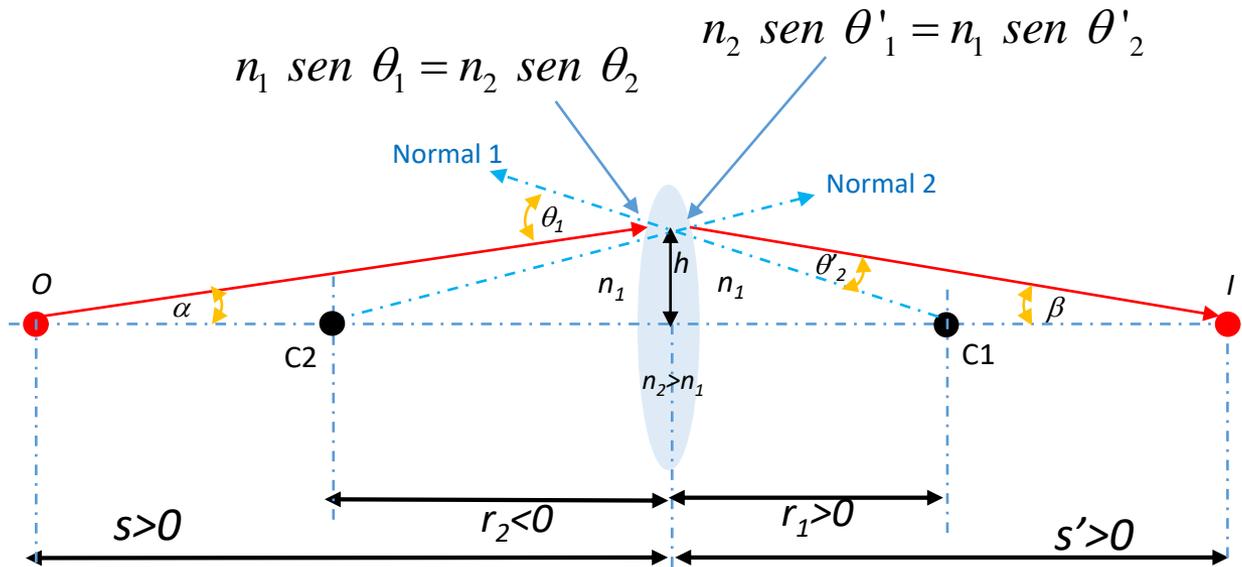


- Objeto, $s=f$, $o=positivo$
- Imagem, $s'=\pm\infty$, $o'=indefinido$
- Sem imagem



- Objeto, $s < f$, $o=positivo$
- Imagem, $0 > s' < -\infty$, $o'=positivo$
- Imagem virtual, maior, sem inversão
- $m > 1$

Refração da luz em duas superfícies curvas: Lente



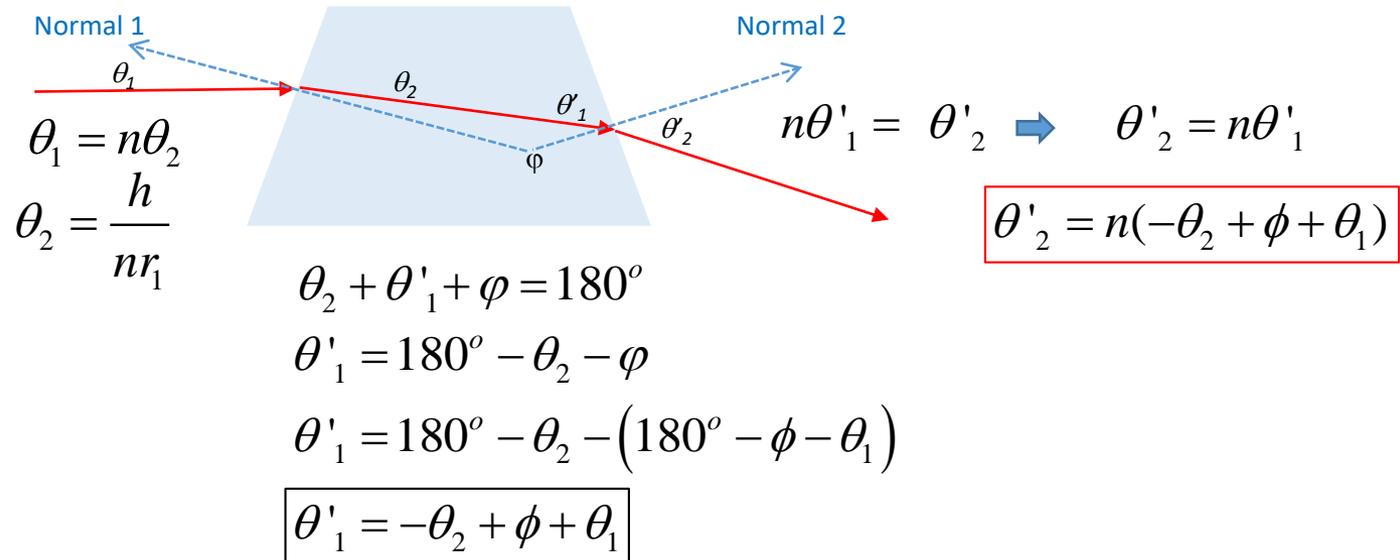
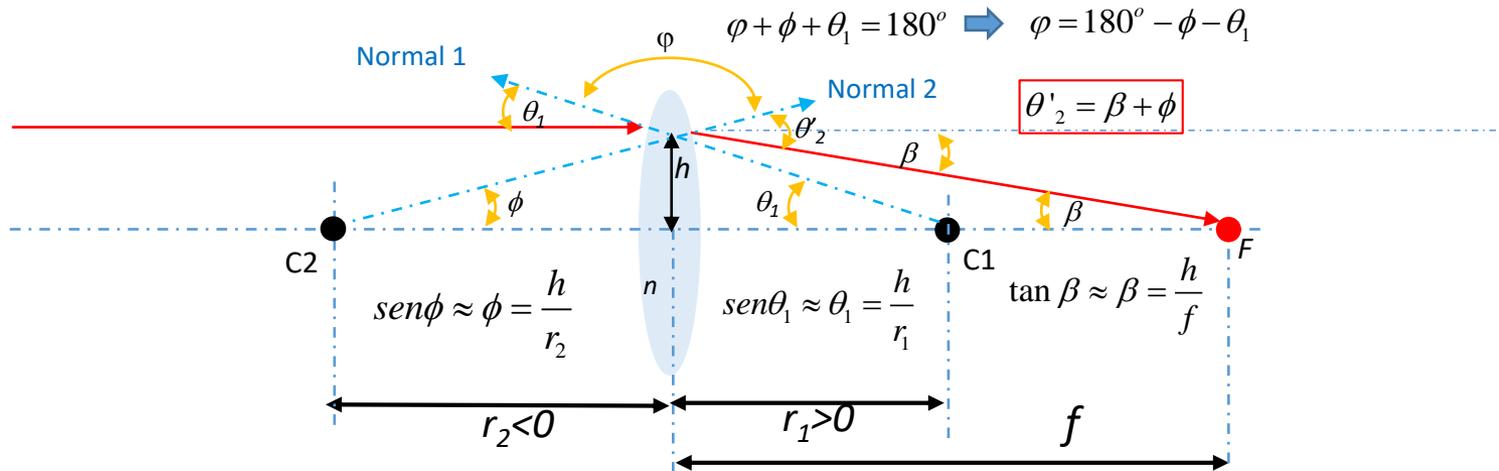
$$\theta_1 = n\theta_2$$

$$n\theta'_1 = \theta'_2$$

Aproximação Paraxial
($n_1=1, n_2=n$)

Refração da luz em duas superfícies curvas: Lente

Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal:



Refração da luz em duas superfícies curvas: Lente

$$\theta'_2 = \beta + \phi$$

$$\theta'_2 = n(-\theta_2 + \phi + \theta_1)$$

$$\phi + \beta = n(-\theta_2 + \phi + \theta_1)$$

$$\beta = -n\theta_2 + n\phi + n\theta_1 - \phi$$

$$\frac{h}{f} = -n \frac{h}{nr_1} + n \frac{h}{r_2} + n \frac{h}{r_1} - \frac{h}{r_2}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{r_1} + \frac{n}{r_2} + \frac{n}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{n}{r_1} + \frac{n}{r_2} - \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\phi = \frac{h}{r_2}$$

$$\theta_1 = \frac{h}{r_1}$$

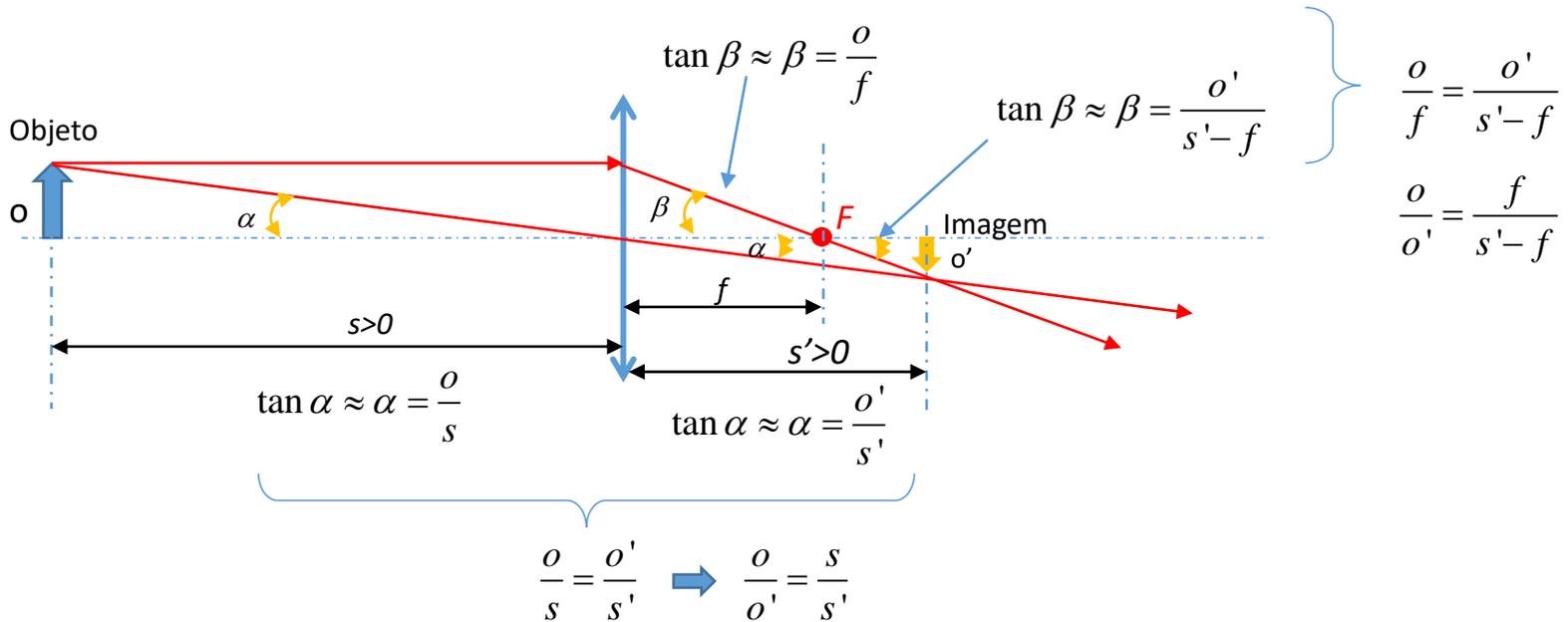
$$\beta = \frac{h}{f}$$

$$\theta_2 = \frac{h}{nr_1}$$

Equação dos fabricantes de lente (lentes finas)

Lentes finas convergentes: Formação de imagens

Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal:



$$\frac{f}{s' - f} = \frac{s}{s'} \Rightarrow fs' = s(s' - f) \Rightarrow fs' = ss' - sf \xrightarrow{\div ss'f} \frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'}$$

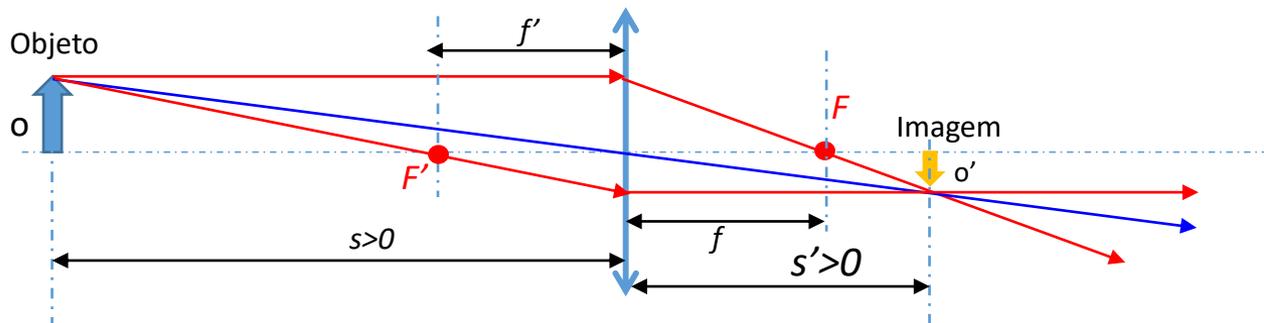
Equação de Gauss

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Lentes finas convergentes: Formação de imagens

Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal F
(dois focos)

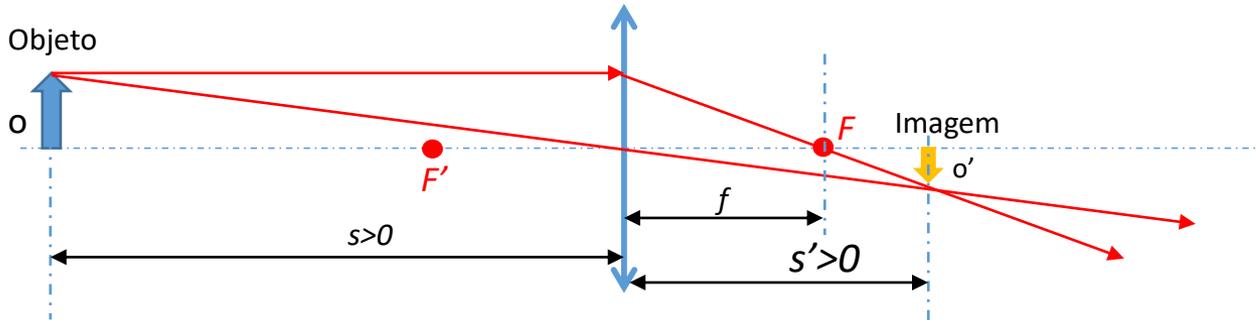
Feixes que passam pelo “vértice”, centro da lente, mesmo ângulo



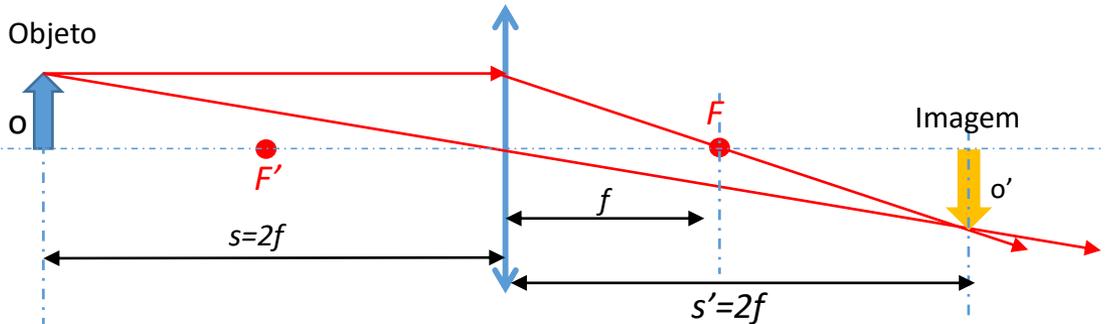
Lentes finas convergentes: Formação de imagens

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$f > 0 \quad m = \frac{o'}{o} = \frac{-s'}{s}$$

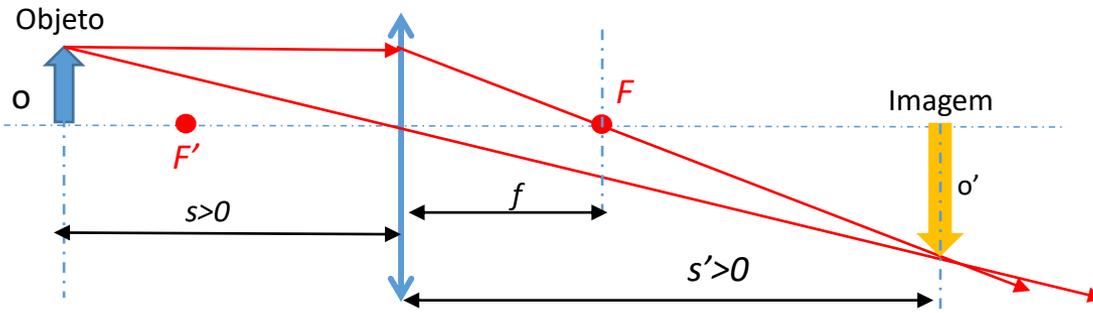


- Objeto, $s > 2f$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $f < s' < 2f$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, menor, invertida
- $m = \text{negativo}$, $|m| < 1$

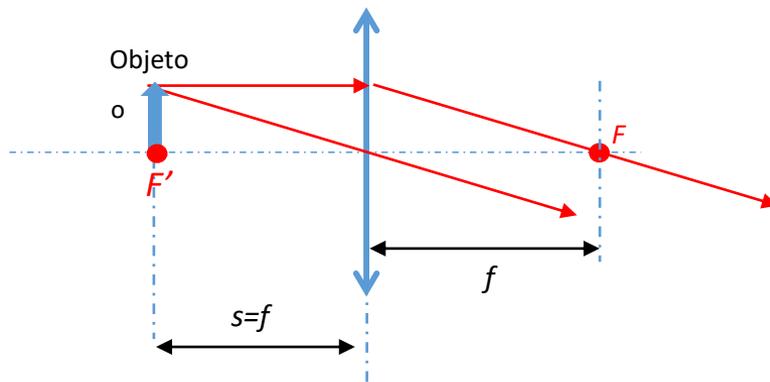


- Objeto, $s = 2f$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' = 2f$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, mesmo tamanho, invertida
- $m = \text{negativo}$, $|m| = 1$

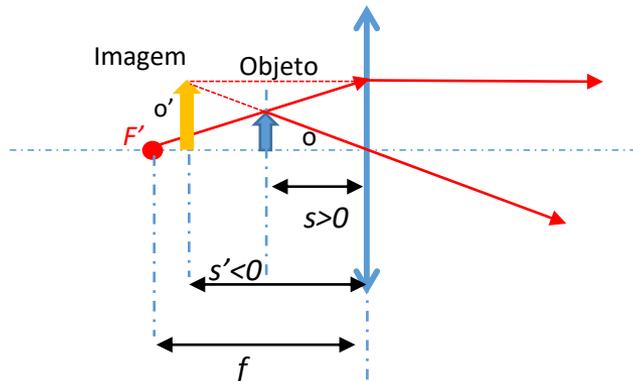
Lentes finas convergentes: Formação de imagens



- Objeto, $f < s < 2f$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' > 2f$, $o' = \text{negativo}$
- Imagem real, maior, invertida
- $m = \text{negativo}$, $|m| > 1$

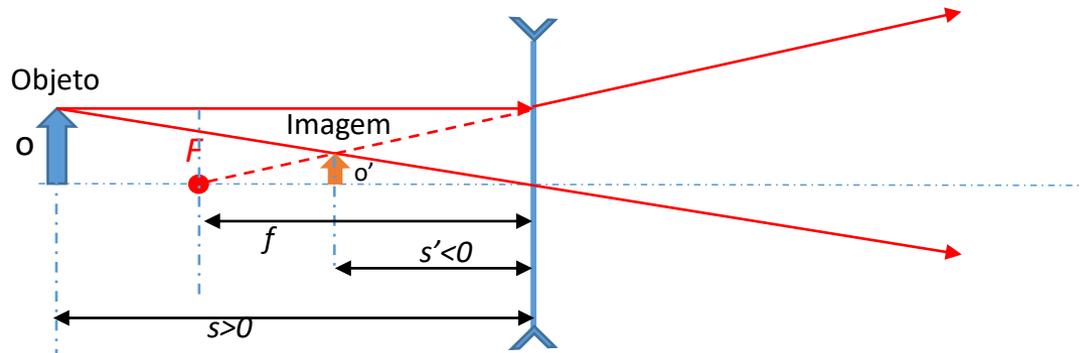


- Objeto, $s = f$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' = \pm\infty$, $o' = \text{indefinido}$
- Sem imagem



- Objeto, $s < f$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s < |s'| < \infty$, $o' = \text{positivo}$
- Imagem virtual, maior, sem inversão
- $m > 1$

Lentes finas divergentes: “Formação de imagens”



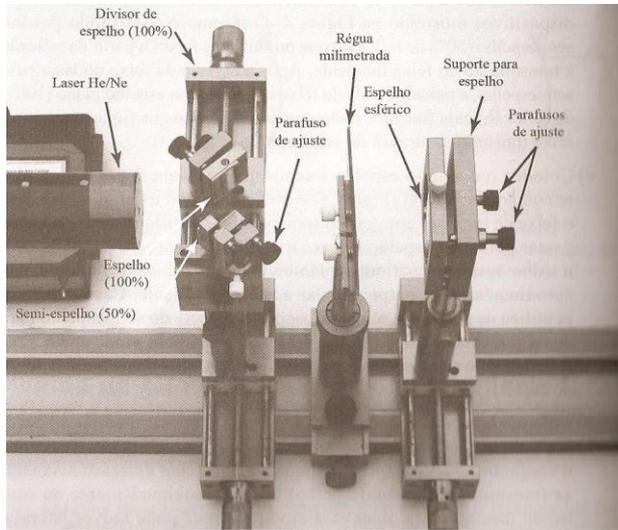
$$f < 0$$

- Objeto, $s = \text{qualquer}$, $o = \text{positivo}$
- Imagem, $s' = \text{negativo}$, $0 < |s'| < |f|$, $o' = \text{positivo}$
- Imagem virtual, menor, sem inversão
- $m < 1$

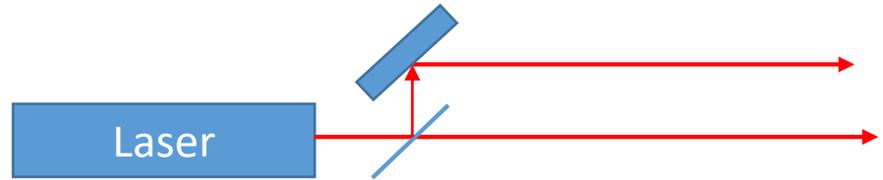
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$m = \frac{o'}{o} = \frac{-s'}{s}$$

Experimentos

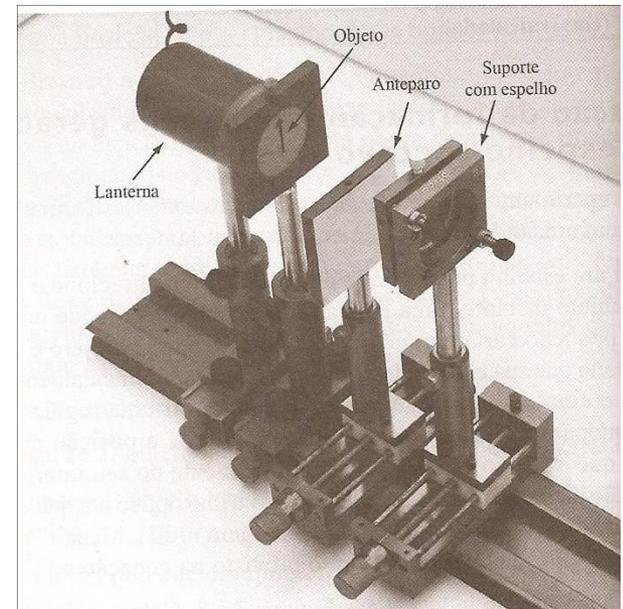
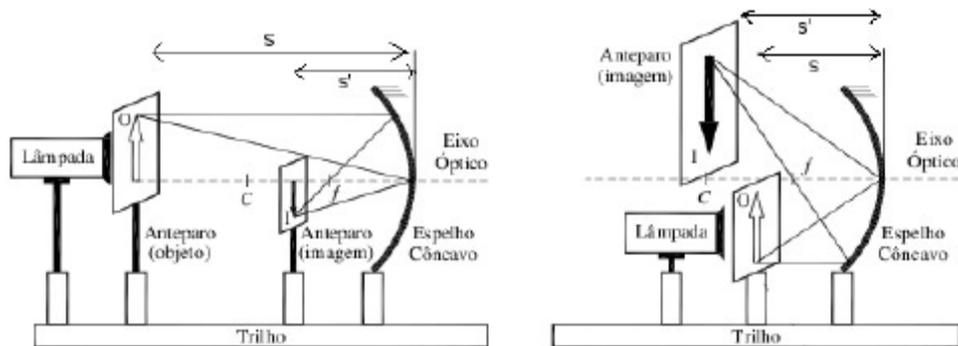


Método do traçado de dois raios paralelos

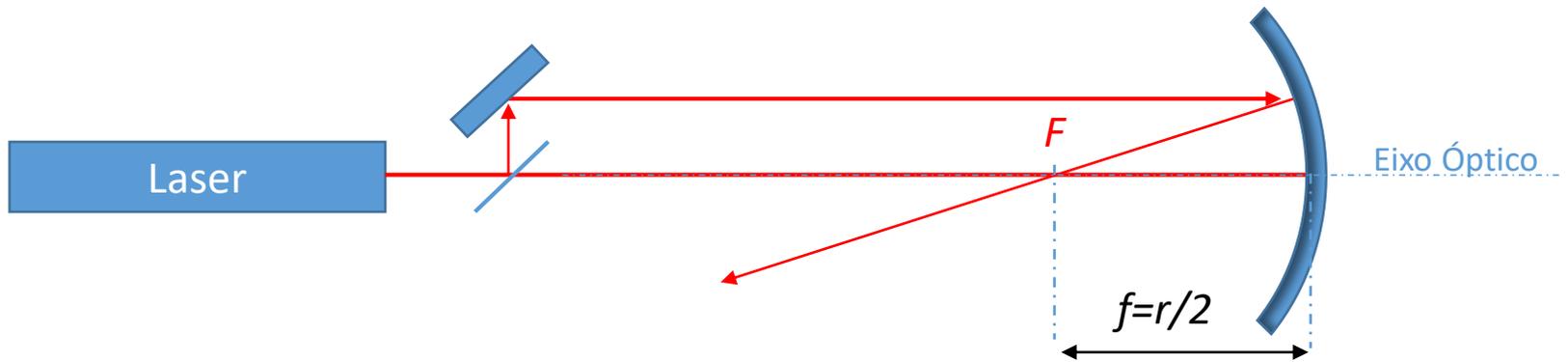


$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

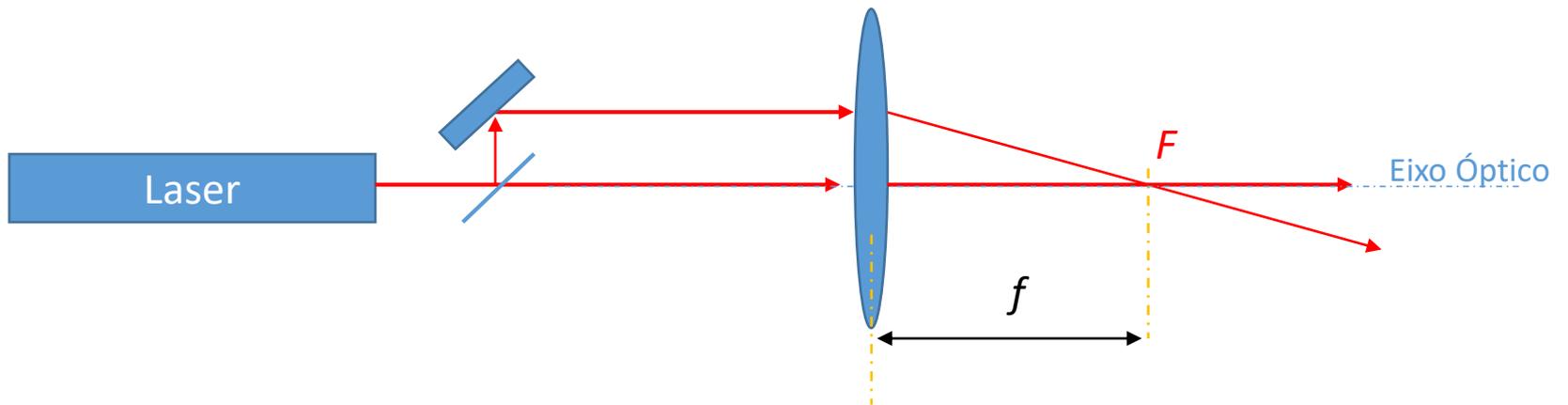
Método de imagens



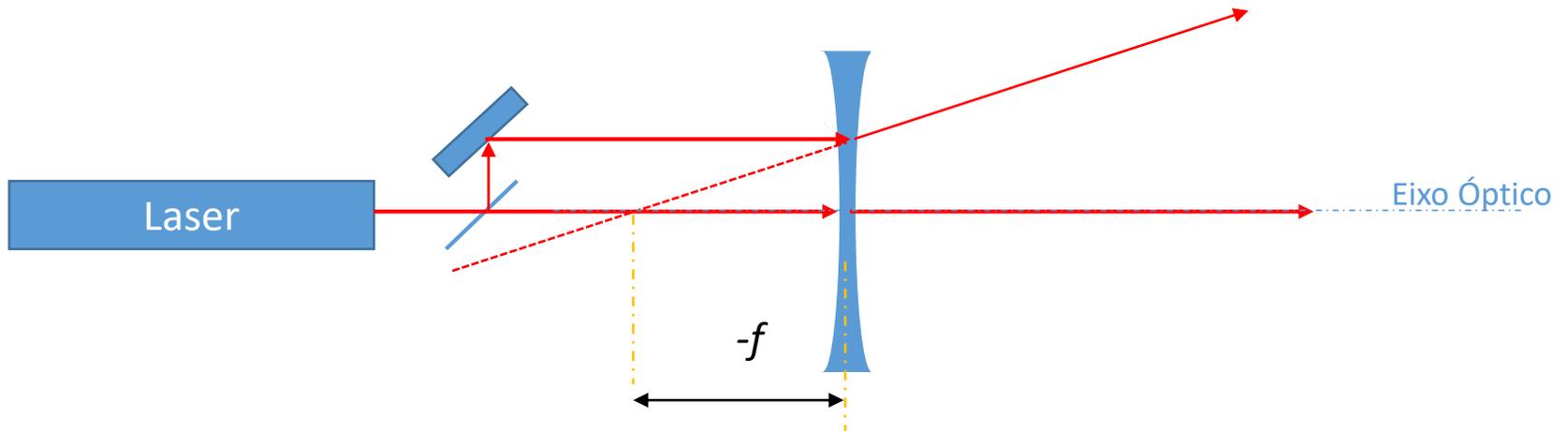
1: Medida do raio de curvatura e da distância focal de um espelho côncavo



2: Medida da distância focal de uma lente convergente

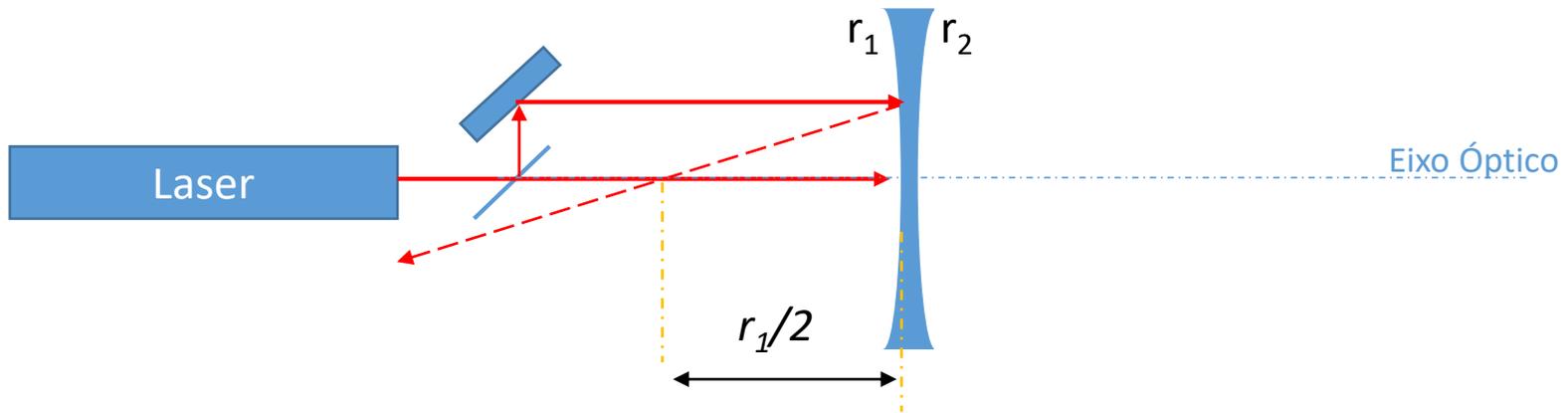


3: Medida da distância focal de uma lente divergente



3: Medida da distância focal de uma lente divergente

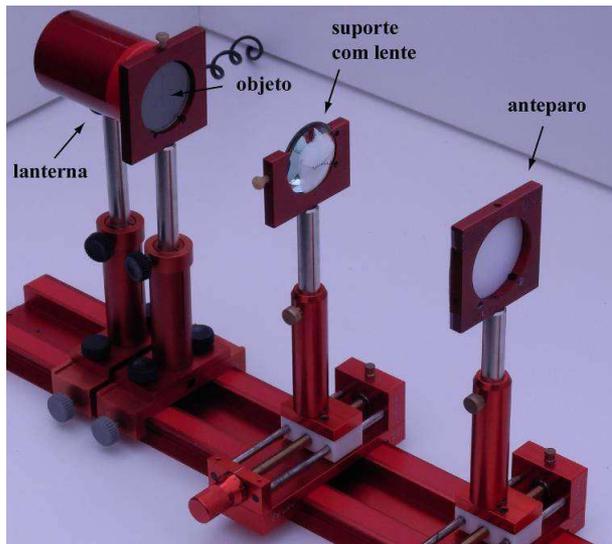
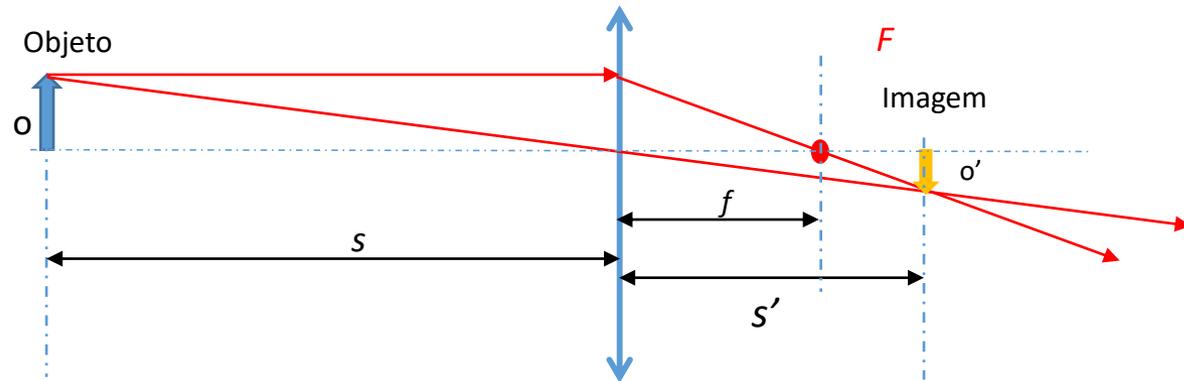
Obs: É possível medir o raios de curvaturas das duas superfícies da lente usando os reflexos parciais que existem



Usando a equação dos fabricantes de lente é possível verificar qual é a distância focal esperada

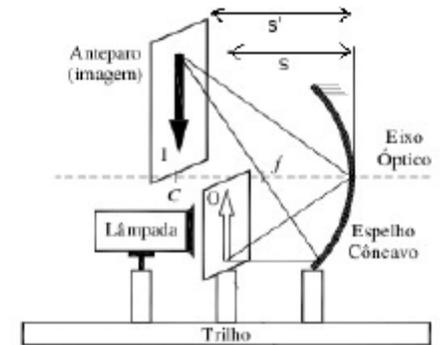
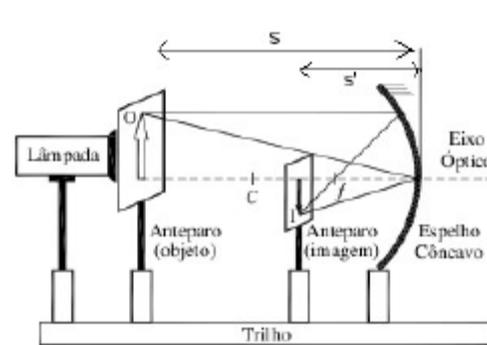
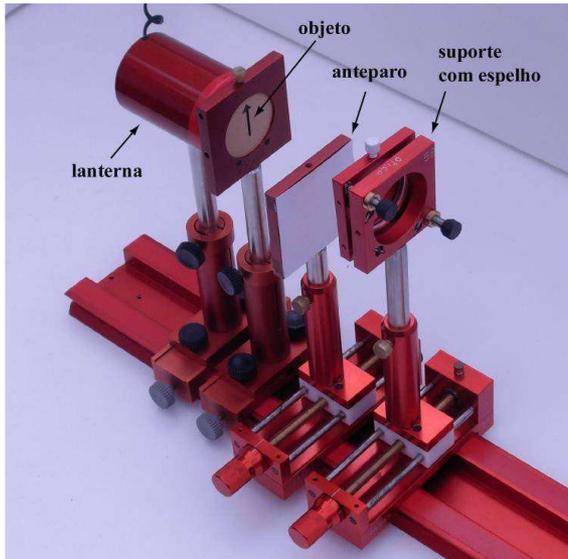
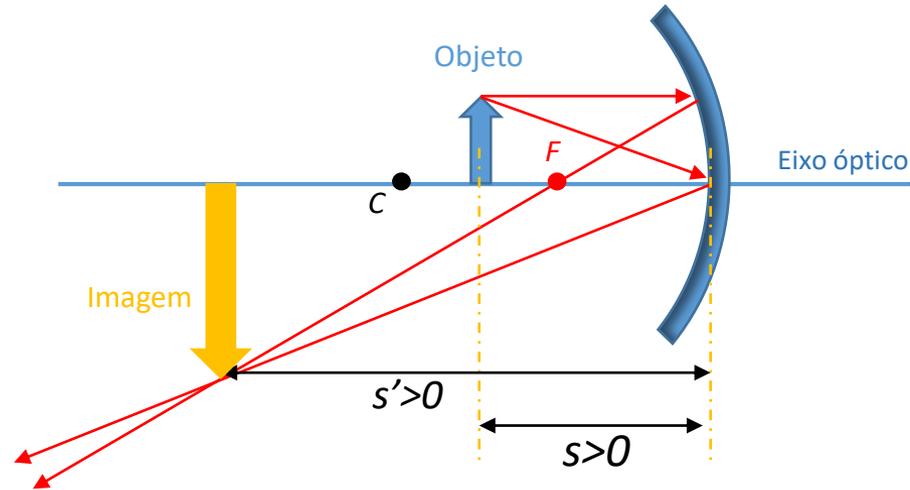
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

4: Observação de formação de imagens geradas por lentes convergentes



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

5: Observação da formação de imagens geradas por um espelho côncavo



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$