

SLC 641 – Óptica

Licenciatura em Ciências Exatas – São Carlos

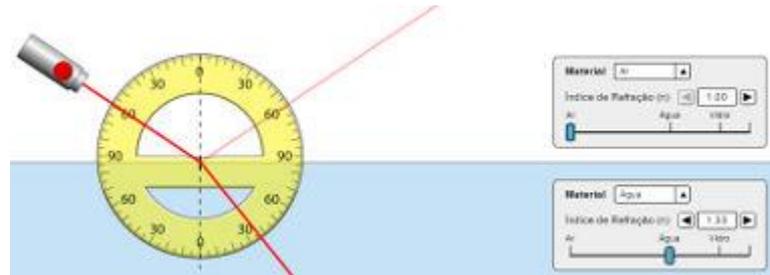
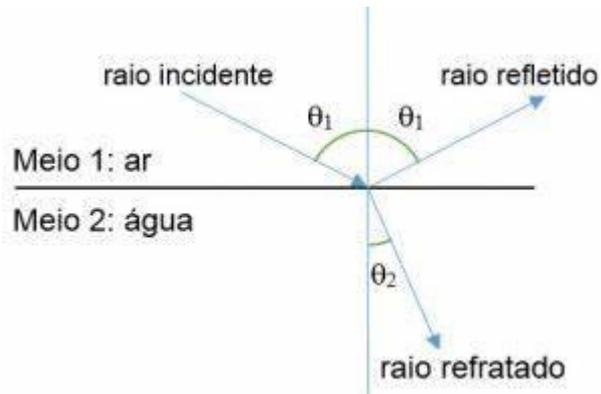
## **Aula 3**

Reflexão e refração:  
Óptica geométrica

(Reflexão)

11/09/2023

# Reflexão e refração



Lei da Reflexão:

$$\theta_{\text{incidência}} = \theta_{\text{reflexão}}$$

$$\theta'_1 = \theta_1$$

Lei da Refração:

$$n_1 \text{sen}(\theta_{\text{incidência}}) = n_2 \text{sen}(\theta_{\text{refração}})$$

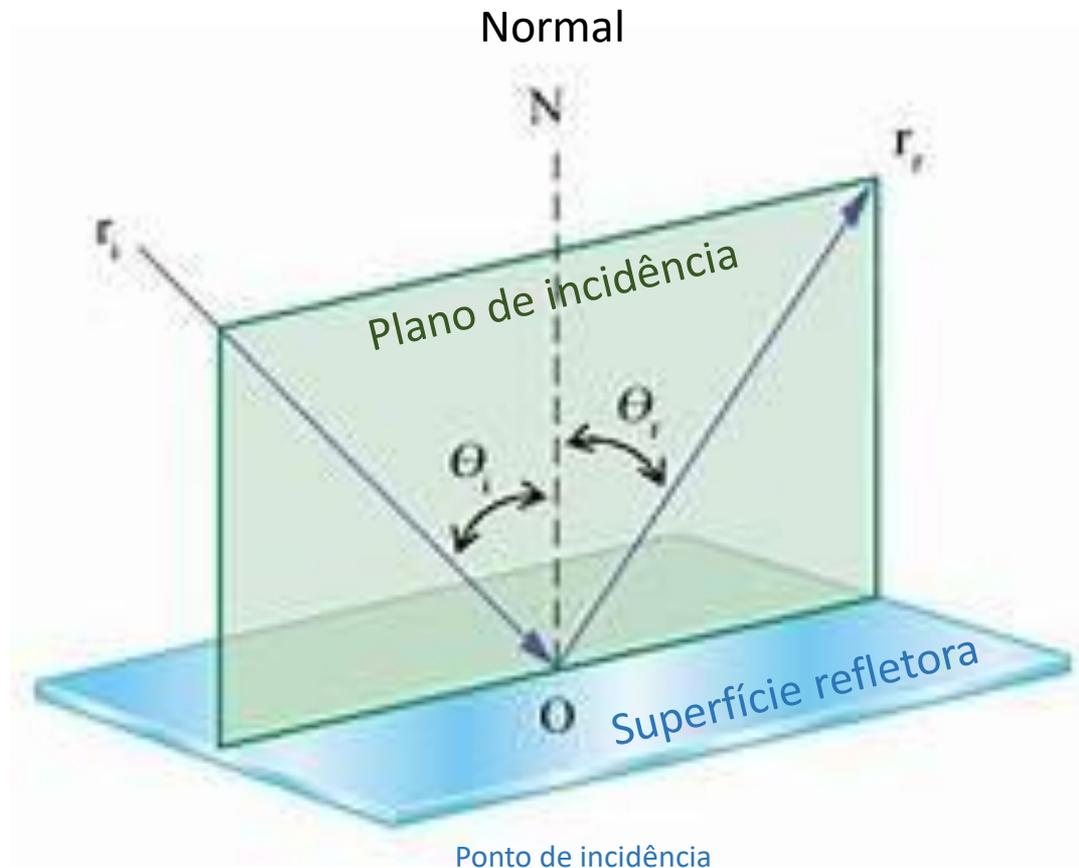
$$n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2$$

Lei de Snell

# Reflexão em superfícies planas: Espelhos planos

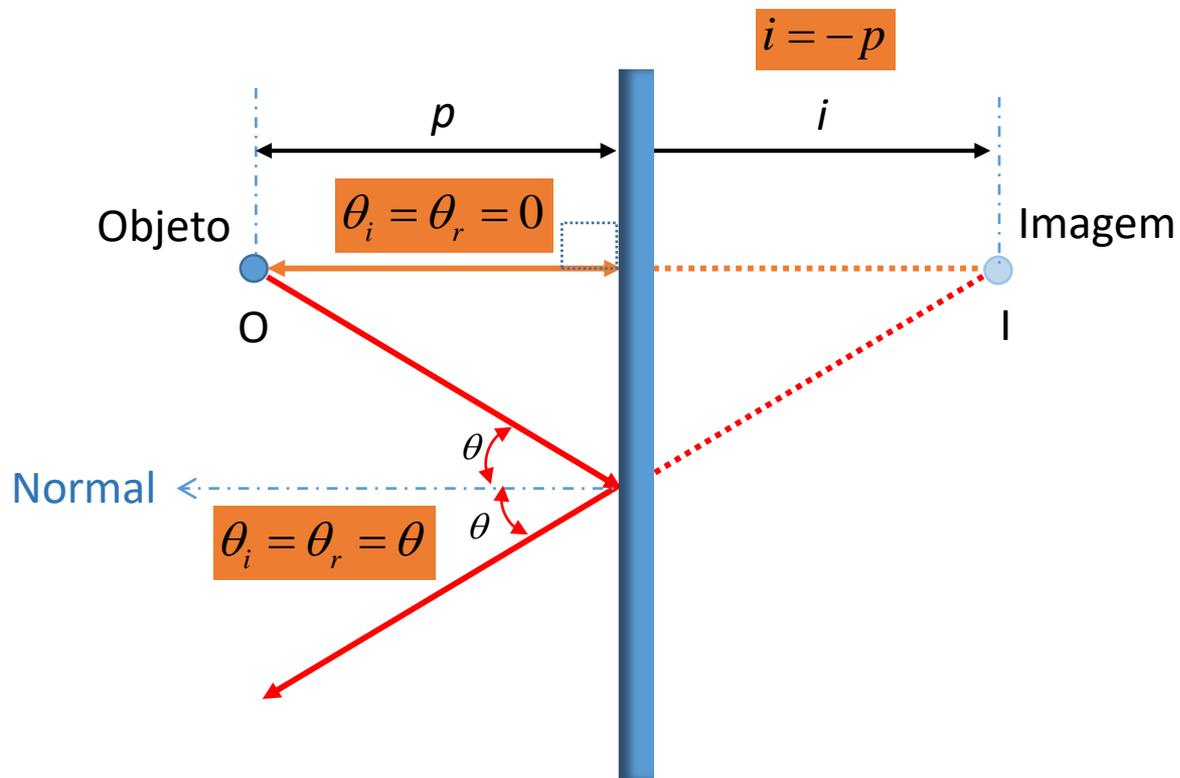
$$\theta_{\text{incidência}} = \theta_{\text{reflexão}}$$

$$\theta_i = \theta_r$$



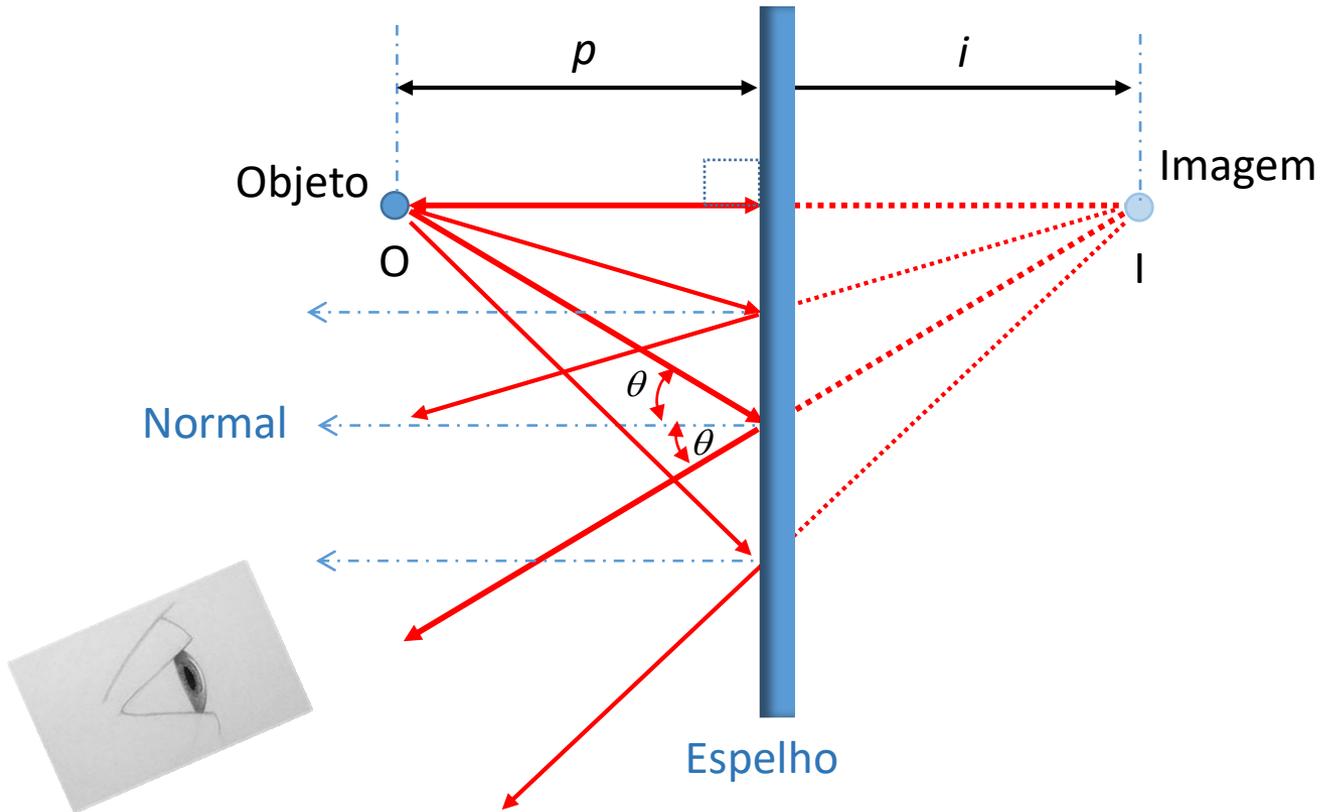
# Reflexão em superfícies planas: Espelhos planos

Imagem: Virtual



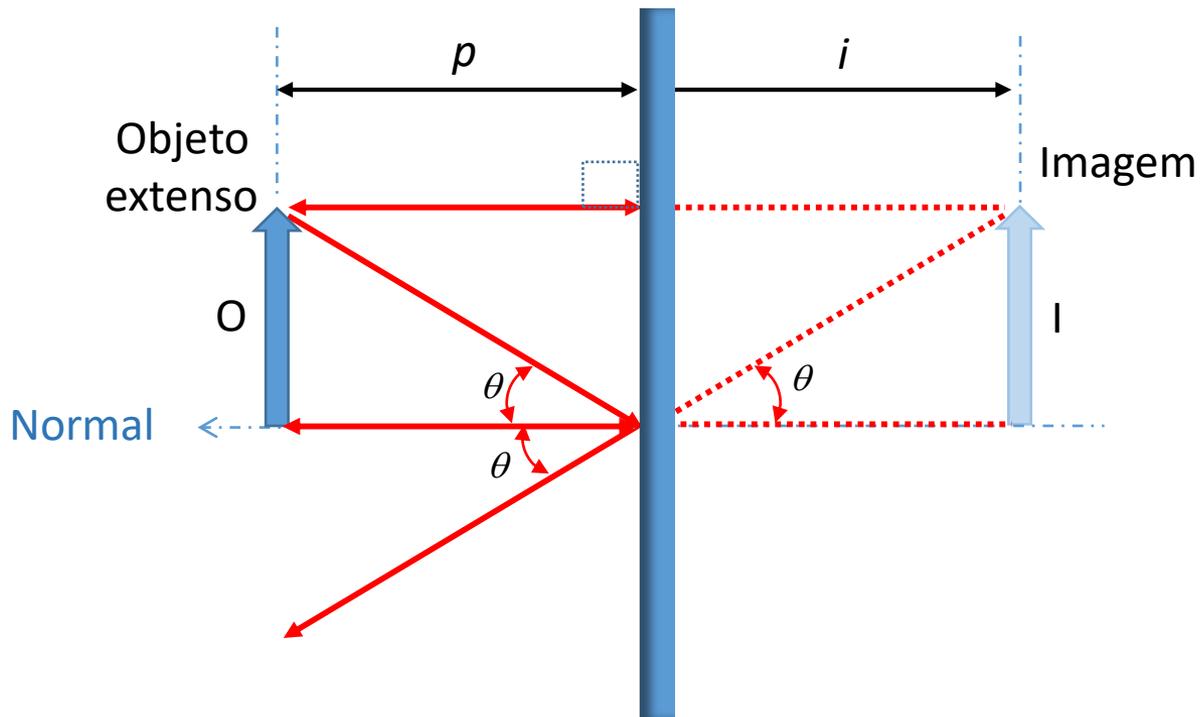
# Reflexão em superfícies planas: Espelhos planos

Imagem: Virtual (raios não se encontram)



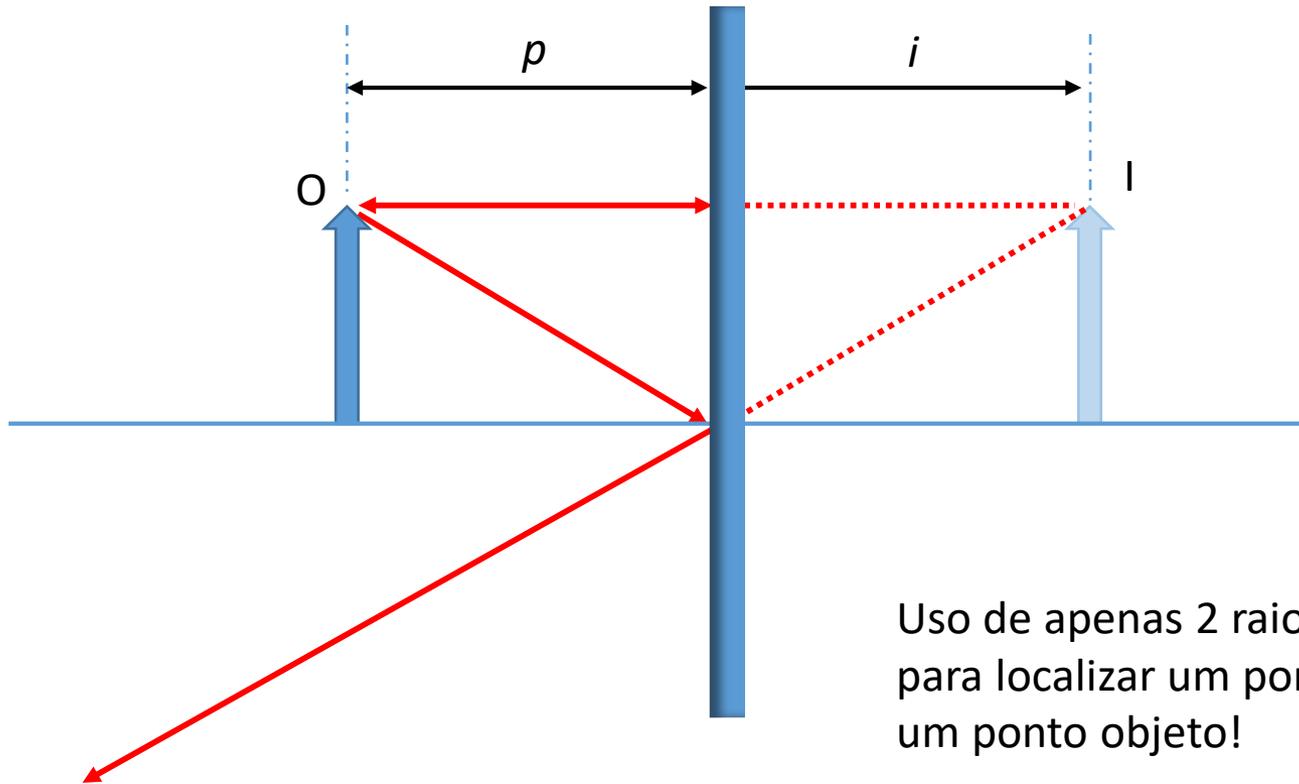
# Reflexão em superfícies planas: Espelhos planos

Imagem: Virtual (raios não se encontram)



# Reflexão em superfícies planas: Espelhos planos

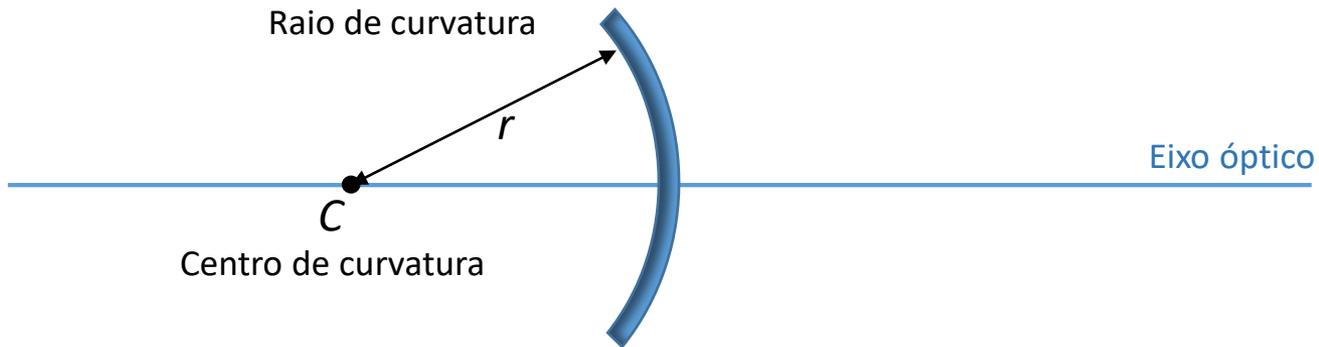
Imagem: Virtual (raios não se encontram)



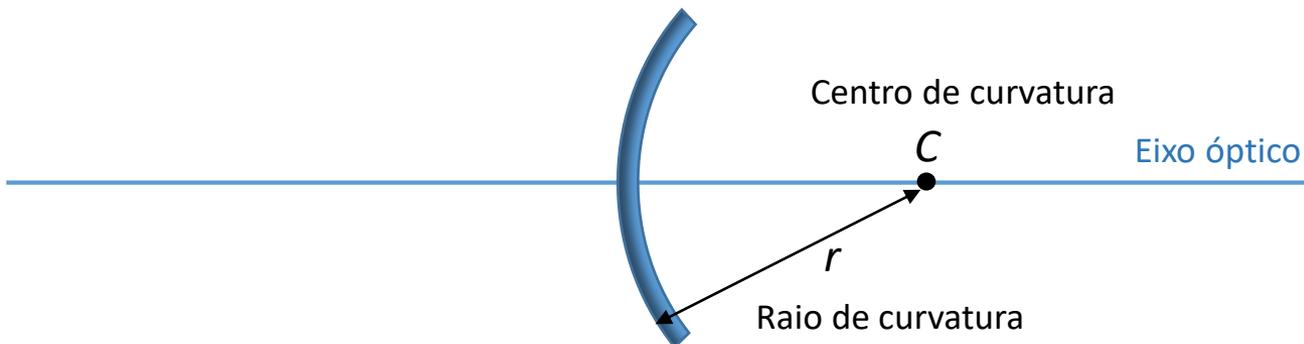
Uso de apenas 2 raios são suficientes para localizar um ponto imagem de um ponto objeto!

# Reflexão em superfícies curvas: Espelhos curvos

Superfície côncava



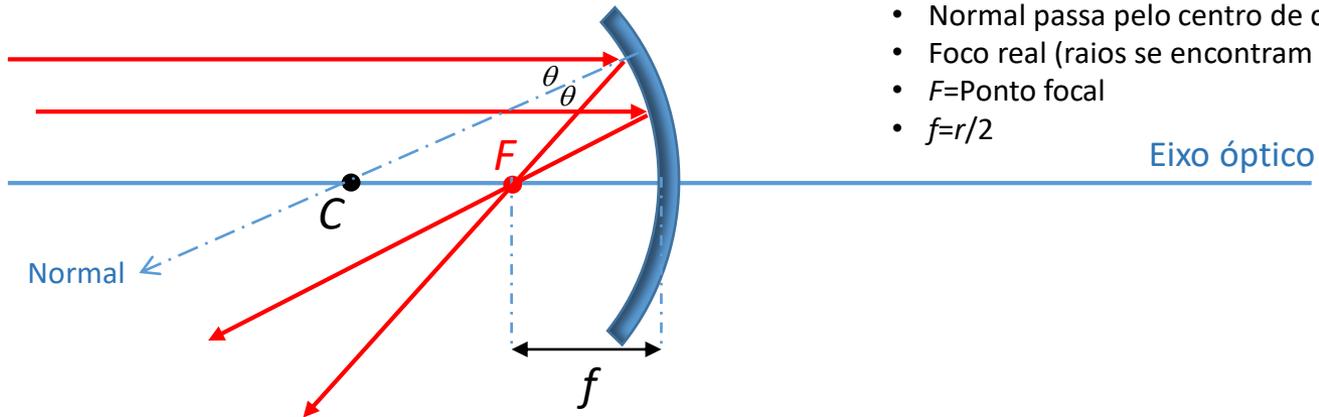
Superfície convexa



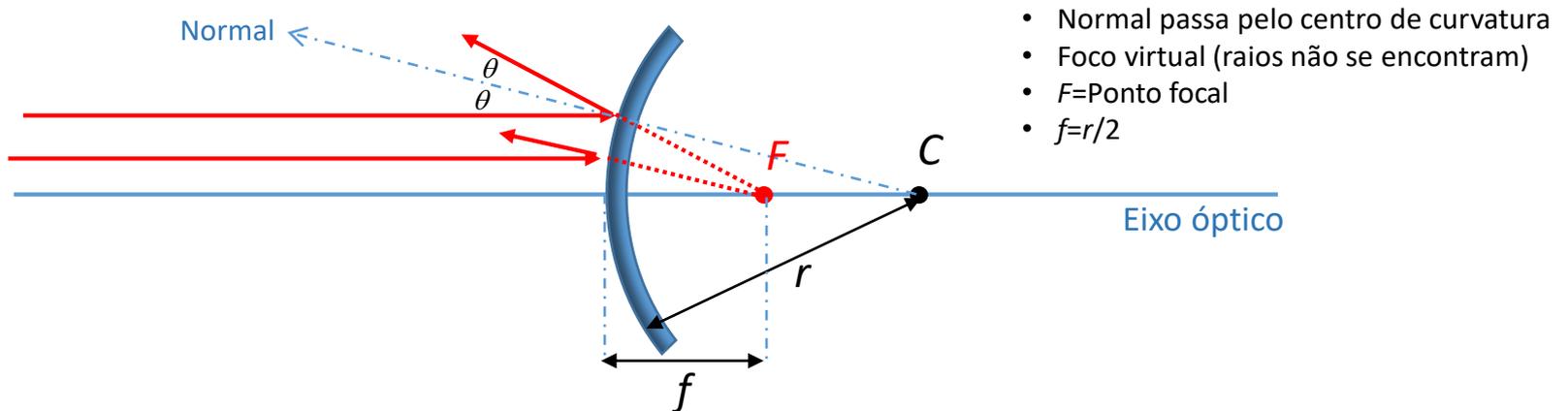
# Reflexão em superfícies curvas: Espelhos curvos

Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal:

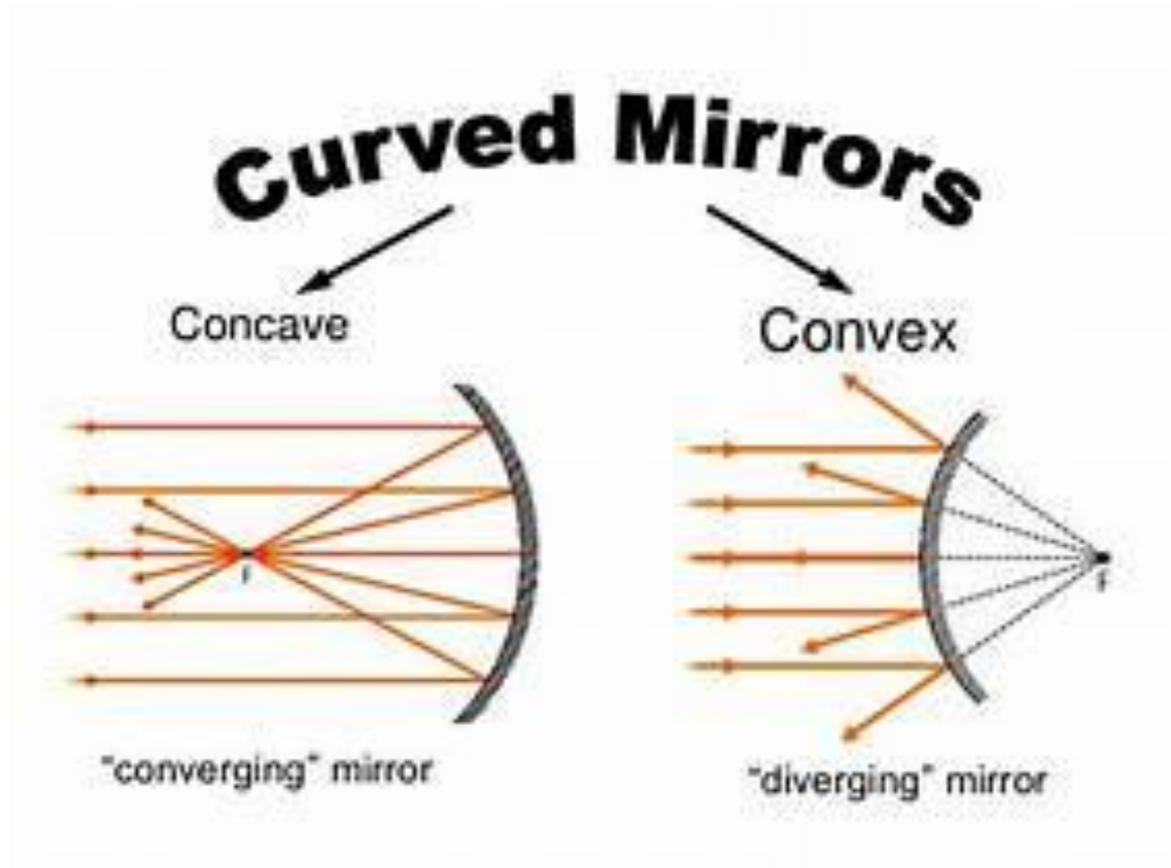
## Superfície côncava



## Superfície convexa



## Reflexão em superfícies curvas: Espelhos curvos

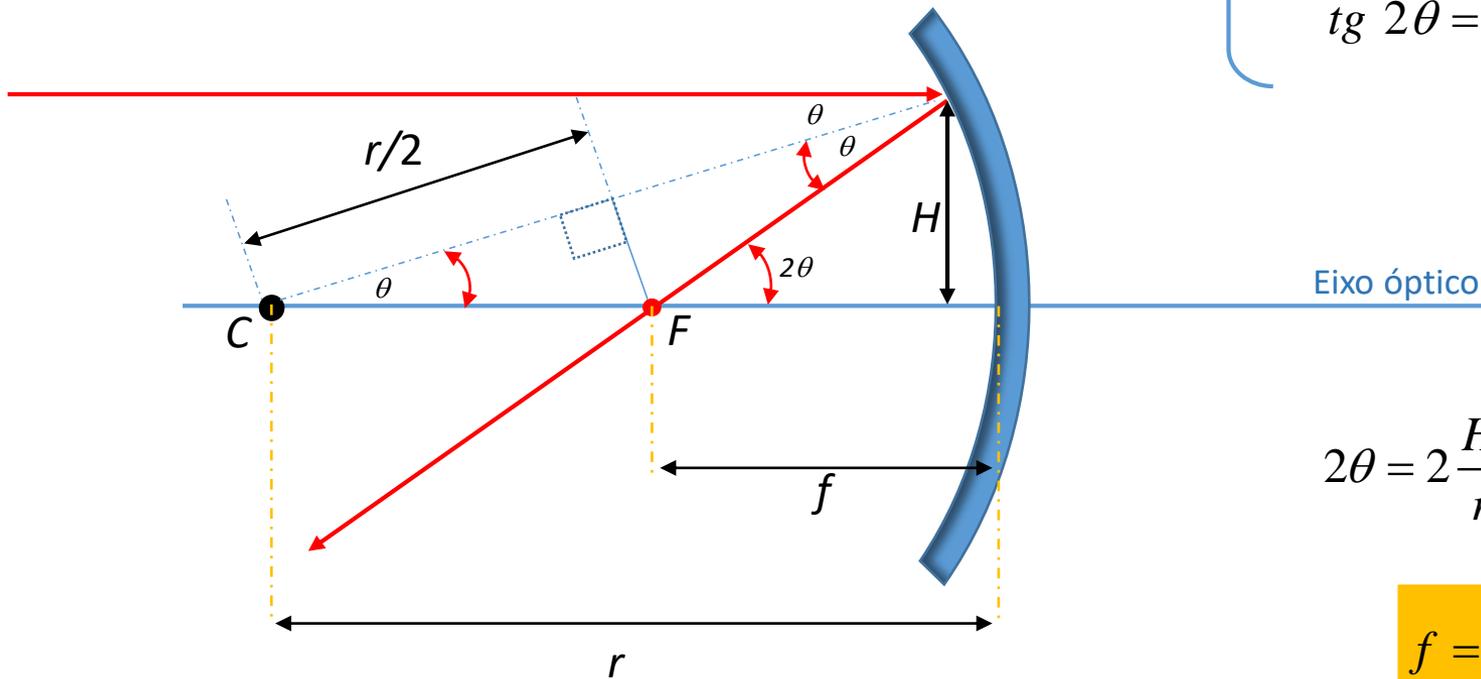


# Espelhos curvos: Distância focal

Ângulos pequenos: Aproximação paraxial (<10deg, <0,17 rad)  
( $\text{sen } \theta \sim \text{tg } \theta \sim \theta$ )

$$\text{sen } \theta = \frac{H}{r} \approx \theta$$

$$\text{tg } 2\theta = \frac{H}{f} \approx 2\theta$$

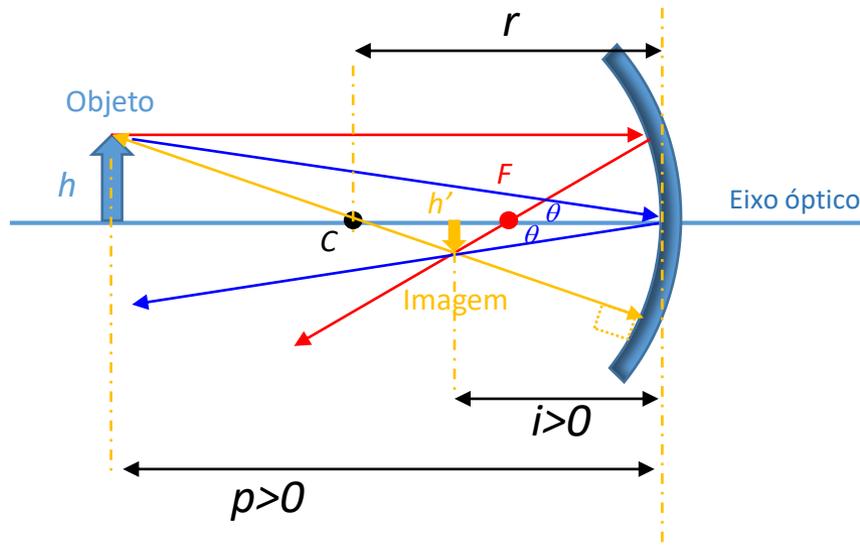


$$2\theta = 2 \frac{H}{r} = \frac{H}{f}$$

$$f = \frac{r}{2}$$

O mesmo argumento vale para espelho convexo!

## Espelho côncavo: 3 feixes importantes para formação de imagens

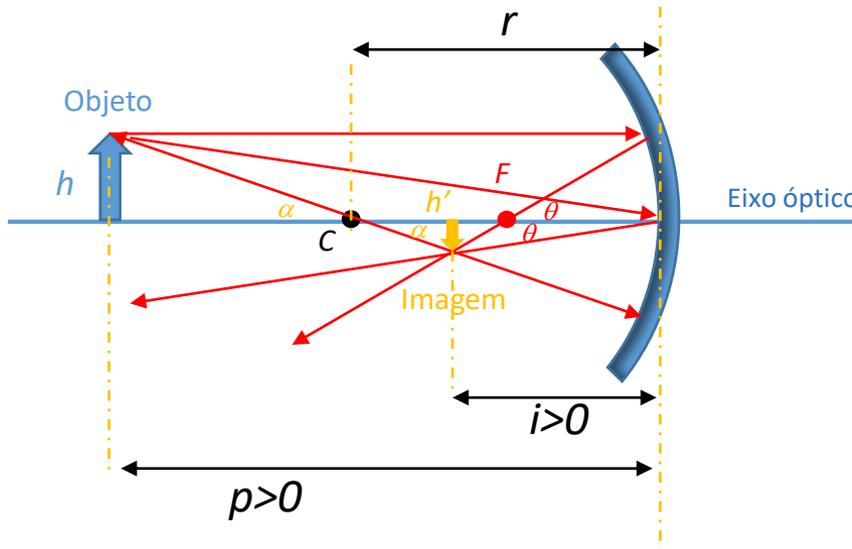


Feixes paralelos ao eixo óptico, passam pelo ponto focal  $F$ .

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

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

# Espelho côncavo: Formação de imagem



## Algumas definições:

- Módulo da Magnificação =  $|m| = h'/h$
  - Magnificação =  $m = -i/p$
- Positivo: Sem inversão da imagem  
Negativo: Inversão da imagem

Pela geometria:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h}{p} = \frac{h'}{i} \approx \theta$$

$$\Rightarrow \frac{h'}{h} = \frac{i}{p}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{(p-r)} = \frac{h'}{(r-i)} \approx \alpha$$

$$\Rightarrow \frac{h'}{h} = \frac{(r-i)}{(p-r)}$$

$$\frac{i}{p} = \frac{(r-i)}{(p-r)}$$

$$f = \frac{r}{2} \rightarrow r = 2f$$

$$i(p-2f) = p(2f-i)$$

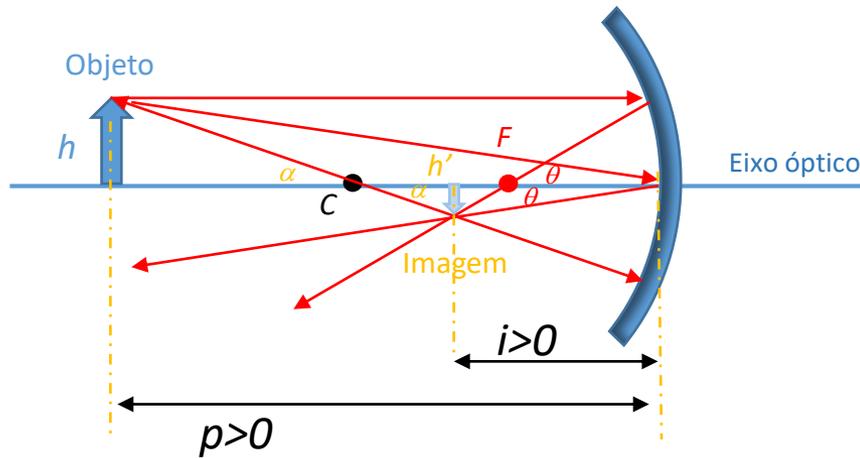
$$ip - 2fi = 2fp - ip$$

$$2ip = 2fp + 2fi$$

$$(\div 2fi)$$

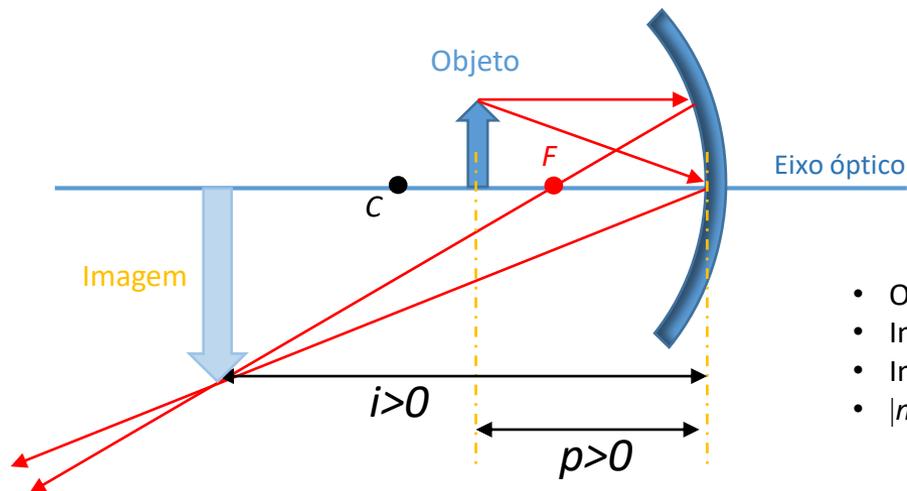
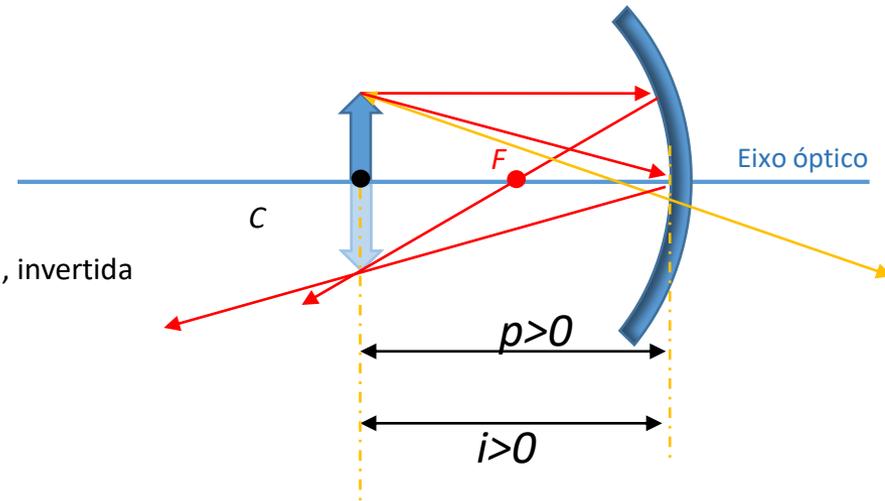
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

# Espelho côncavo: Formação de imagem



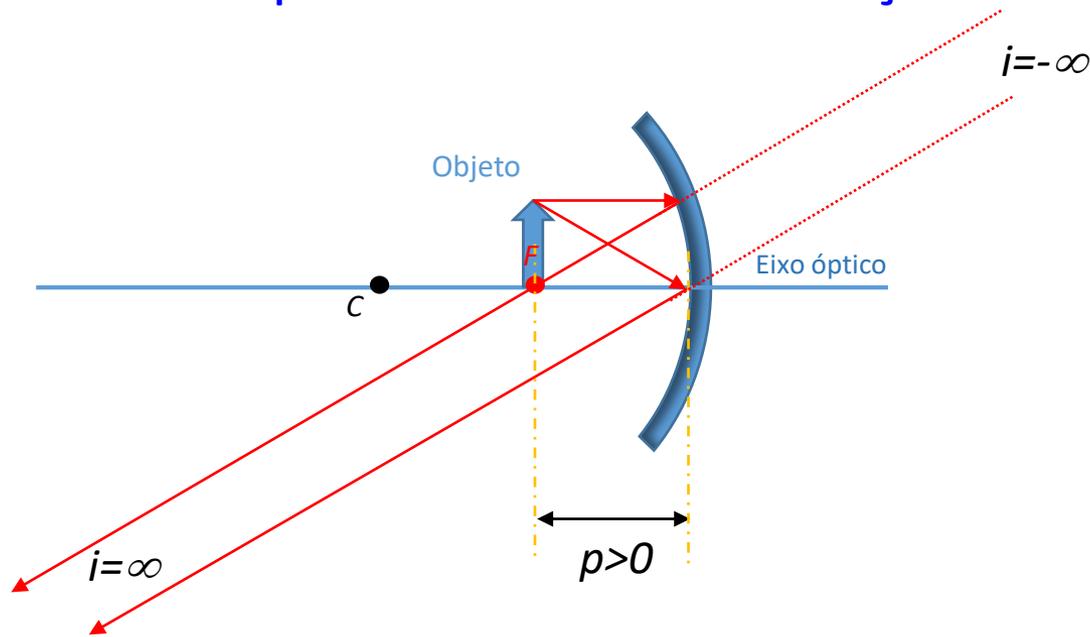
- Objeto,  $p > C$
- Imagem,  $F < i < C$
- Imagem real, menor, invertida
- $|m| < 1$

- Objeto,  $p = C$
- Imagem,  $i = C$
- Imagem real, igual, invertida
- $m = -1$



- Objeto,  $F < p < C$
- Imagem,  $i > C$
- Imagem real, maior, invertida
- $|m| > 1$

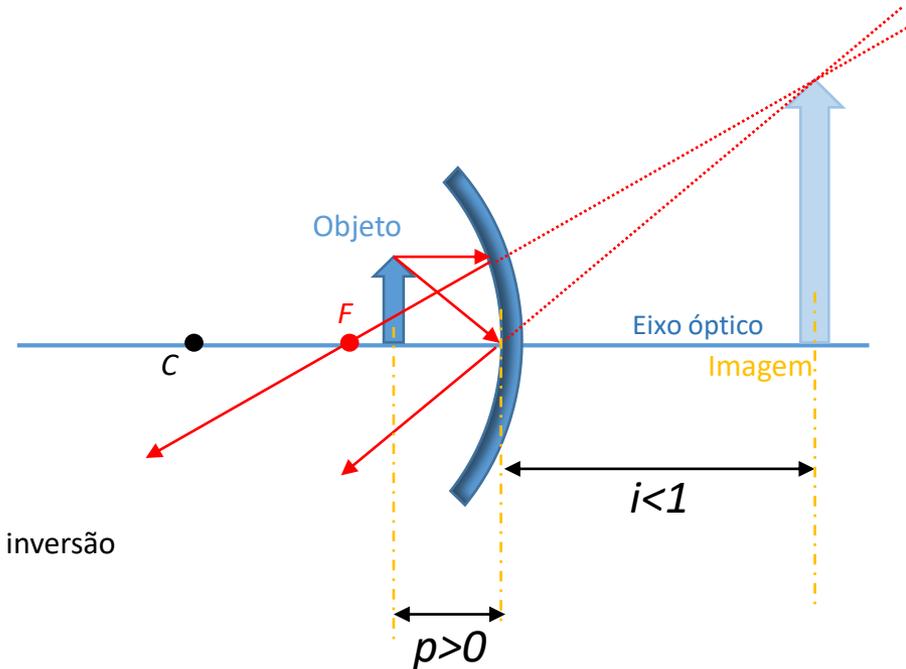
# Espelho côncavo: “Formação de imagem”



- Objeto,  $p = F$
- Imagem,  $i = \pm\infty$
- Sem imagem

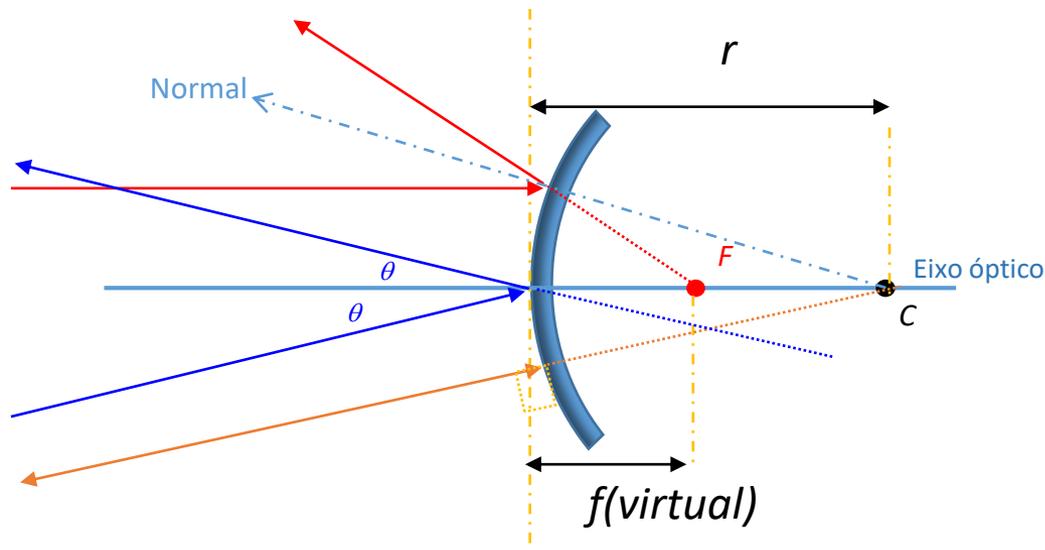


- Objeto,  $p < F$
- Imagem,  $0 < i < -\infty$
- Imagem virtual, maior, sem inversão
- $m > 1$



## Espelho convexo: Visualização de imagem

Feixes de um ponto, refletidos no espelho côncavo, nunca se encontram:  
Não há formação de imagens: Imagem é sempre virtual



$$f = \frac{r}{2} \rightarrow r = 2f$$

$r$  e  $f$  = negativos

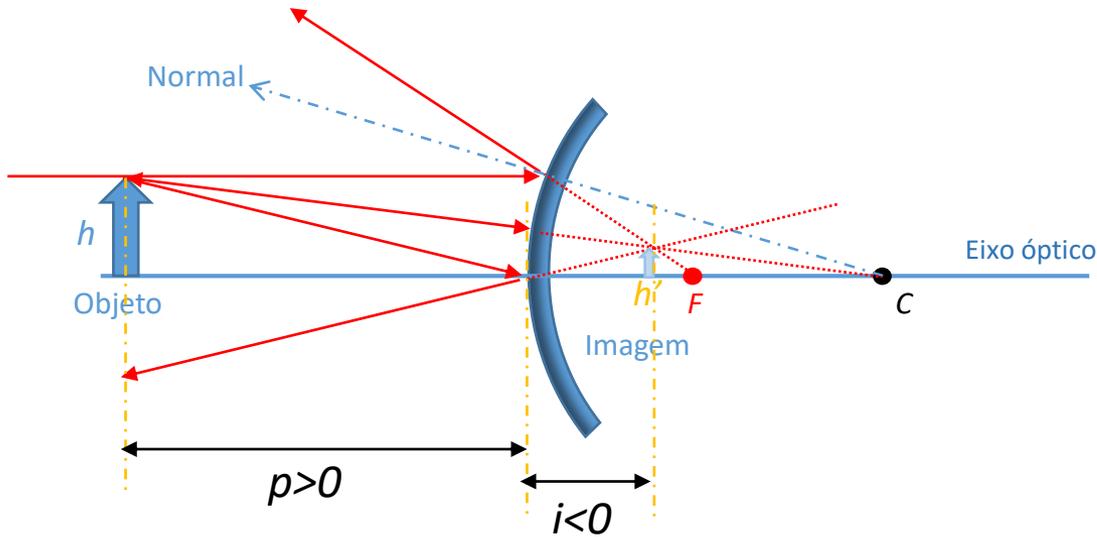
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad m = \frac{-i}{p}$$

Feixes paralelos ao eixo óptico, reflexo aponta ao ponto focal  $F$ .

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

Feixes que se propagam na direção do centro de curvatura, retornam sobre elas mesmas:  $\theta_i = \theta_r = 0$  (incidência normal).

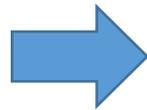
# Espelho convexo: Visualização de imagem



- Objeto,  $p = \text{qualquer}$
- Imagem,  $0 > i > -F$
- Imagem virtual, menor, sem inversão
- $m < 1$

$$m = \frac{-i}{p} = \frac{|i|}{p}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$



$$\frac{1}{p} - \frac{1}{|i|} = -\frac{1}{|f|}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{|i|} - \frac{1}{|f|} = \text{positivo}$$



$$|i| < |f|$$



$$m = \frac{|i|}{p} < 1$$

# Espelho côncavo: Visualização de imagem

Observação: É possível visualizar uma imagem refletida num espelho côncavo!

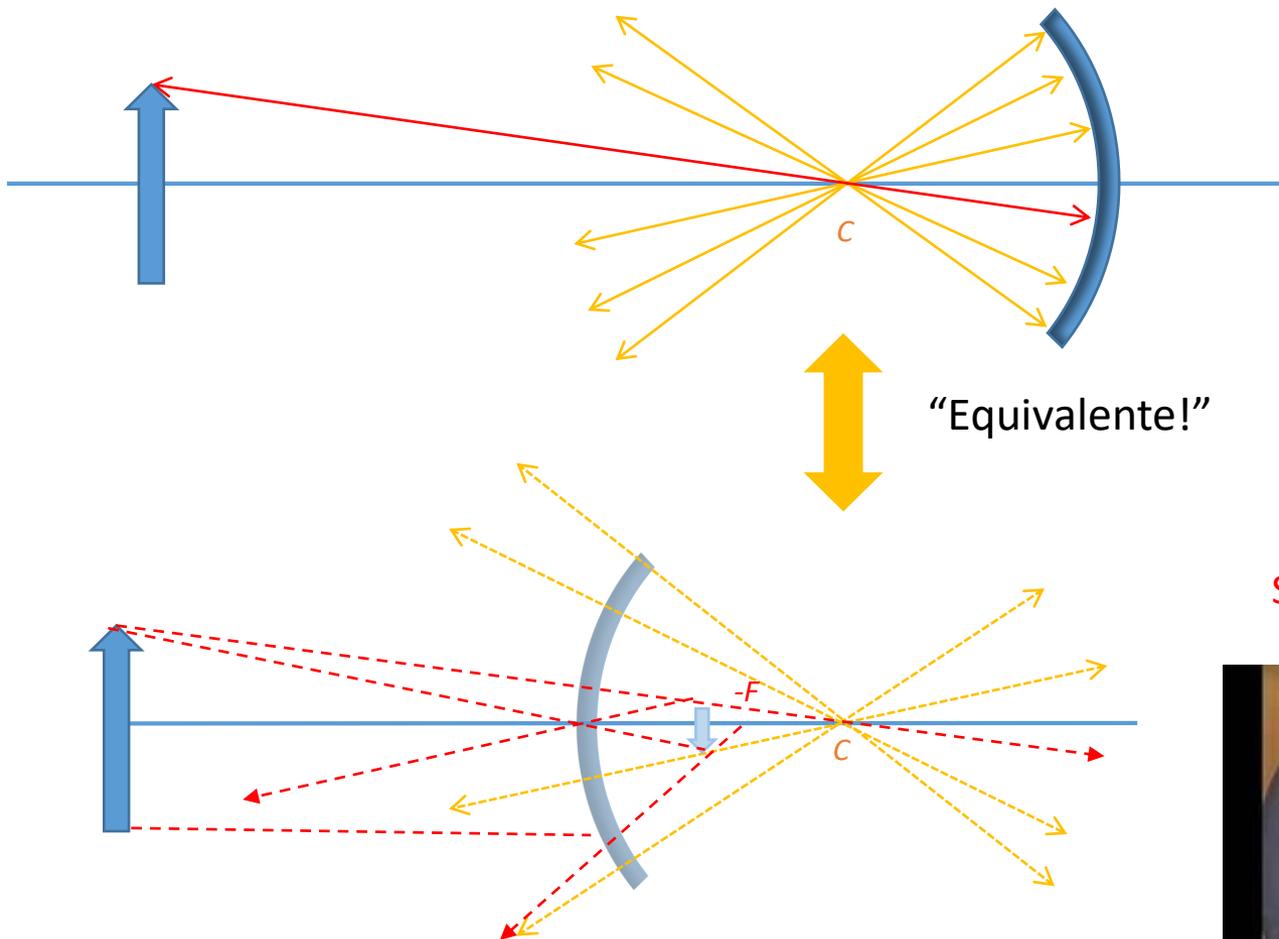


Imagem virtual como num espelho convexo:  
Só que há a inversão da imagem!

