

### 3. Equação dos pontos conjugados

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

### 4. Equação do aumento linear transversal

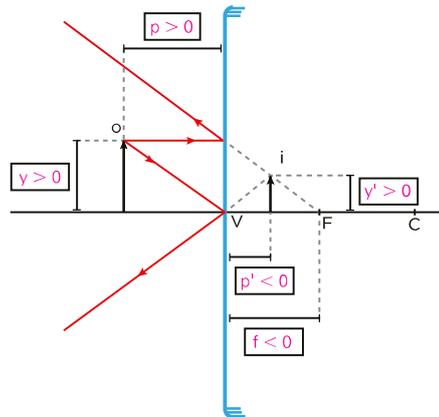
$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} = \frac{f}{f-p}$$

Aumento	Tipo de imagem
$A > 0$	Direita em relação ao objeto
$A < 0$	Invertida em relação ao objeto

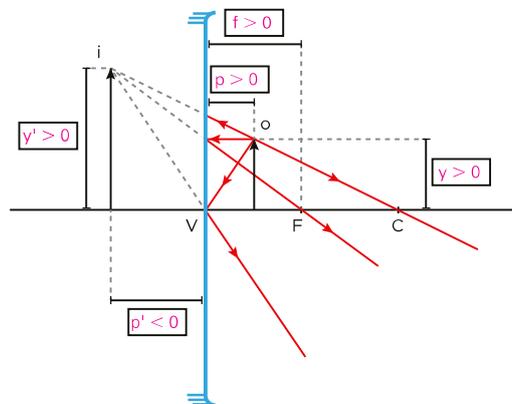
#### EM CLASSE DESENVOLVENDO HABILIDADES

**1** Nas figuras abaixo, complete cada caixa com o símbolo e o sinal da grandeza física mais indicada, de acordo com o estudo analítico da Óptica geométrica.

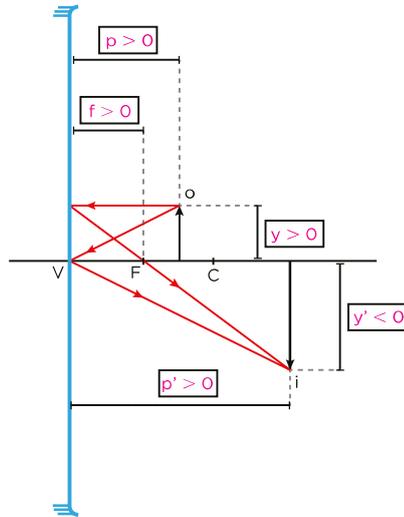
a)



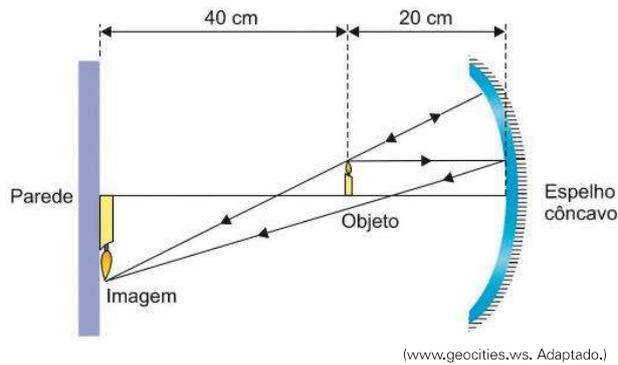
b)



c)



**2** (Famerp-SP) Um objeto luminoso encontra-se a 40 cm de uma parede e a 20 cm de um espelho côncavo, que projeta na parede uma imagem nítida do objeto, como mostra a figura.



(www.geocities.ws. Adaptado.)

Considerando que o espelho obedece às condições de nitidez de Gauss, a sua distância focal é

- ▶ a) 15 cm
- b) 20 cm
- c) 30 cm
- d) 25 cm
- e) 35 cm

Por meio da equação de Gauss, temos:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$

Sabendo que  $p = 20$  cm e  $p' = 60$  cm, fazemos:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} \Rightarrow f = \frac{60}{4} \therefore f = 15$  cm

Vale comentar que, como  $p > f$  e o espelho é côncavo, a imagem é real, invertida e maior que o objeto, como discutido nas aulas anteriores.

**3** (UEA-AM) Ao parar na entrada de um supermercado uma criança vê um espelho esférico a 6 m de si, preso em uma parede. Olhando para esse espelho, vê sua própria imagem direita e menor do que ela própria. Considerando que a altura da criança seja onze vezes a altura da imagem que ela vê de si mesma, é correto afirmar que o espelho visto pela criança é

- ▶ a) convexo e sua distância focal é  $-0,6$  m.
- b) convexo e sua distância focal é  $-1,2$  m.
- c) convexo e sua distância focal é  $-0,3$  m.
- d) côncavo e sua distância focal é  $0,6$  m.
- e) côncavo e sua distância focal é  $1,2$  m.

O único tipo de espelho esférico que possibilita a visualização de imagens direitas e menores que o objeto é o convexo. Se a altura da entrada é onze vezes menor que a altura da sua

imagem, temos que:  $y' = \frac{y}{11}$

Sabendo que  $A = \frac{y'}{y} = \frac{f}{f-p}$ , temos que:

$$\frac{\frac{y}{11}}{y} = \frac{f}{f-6} \Rightarrow \frac{1}{11} = \frac{f}{f-6} \Rightarrow 11f = f - 6 \Rightarrow 10f = -6 \Rightarrow f = -\frac{6}{10} \therefore f = -0,6 \text{ m}$$

Como o espelho é convexo, a abscissa focal é um número negativo.

**4** (PUC-SP) Determine o raio de curvatura, em cm, de um espelho esférico que obedece às condições de nitidez de Gauss e que conjuga de um determinado objeto uma imagem invertida, de tamanho igual a  $\frac{1}{3}$  do tamanho do objeto e situada sobre o eixo principal desse espelho. Sabe-se que a distância entre a imagem e o objeto é de 80 cm.

- a) 15
- b) 30
- ▶ c) 60
- d) 90

Se a imagem é invertida, trata-se de um espelho côncavo. Como a imagem é menor do que o objeto, ele está colocado antes do centro de curvatura desse espelho e está mais

afastado dele do que a imagem. Logo, de acordo com as informações do enunciado,  $p - p' = 80 \text{ cm} \Rightarrow p = 80 + p'$  e  $y' = -\frac{1}{3}y$ .

Da relação de aumento transversal:

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{-\frac{1}{3}y}{y} = -\frac{p'}{80 + p'} \Rightarrow 3p' = 80 + p' \Rightarrow 2p' = 80 \therefore p' = 40 \text{ cm}$$

Portanto:  $p = 80 + 40 = 120 \text{ cm}$

Aplicando esses valores na equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{120} + \frac{1}{40} \therefore f = 30 \text{ cm}$$

Logo, o raio de curvatura é:  $R = 2f = 2 \cdot 30 = 60 \text{ cm}$

**5** Um objeto é colocado diante de um espelho esférico côncavo, de distância focal 30 cm, de modo que sua imagem é projetada com o tamanho 3 vezes maior que o objeto.

a) Qual elemento está mais perto do espelho, o objeto ou a imagem?

Se a imagem é projetada, ela é real, portanto invertida; logo, seu aumento linear transversal é um número negativo. No caso do exercício,  $A = -3$ .

$$\text{Como: } A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow -3 = -\frac{p'}{p} \Rightarrow p' = 3p$$

Logo, com  $p < p'$ , o objeto está mais próximo do espelho.

b) Determine as localizações do objeto e da imagem em relação ao vértice do espelho.

Como:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{f}{f-p} \Rightarrow -3 = \frac{30}{30-p} \Rightarrow \\ \Rightarrow 3p - 90 = 30 \Rightarrow 3p = 120 \therefore p = 40 \text{ cm}$$

Assim:

$$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow -3 = -\frac{p'}{40} \therefore p' = 120 \text{ cm}$$

**6** A imagem conjugada por um espelho esférico é direita e três vezes maior que o objeto. A distância entre a imagem e o objeto é de 40 cm. Supondo que o espelho obedeça às condições de nitidez de Gauss, responda:

a) Que tipo de espelho esférico é esse?

Imagens direitas e ampliadas são conjugadas por espelhos esféricos côncavos.

b) Calcule a distância focal desse espelho.

Se a imagem é direita, ela é virtual e está situada atrás do espelho. De acordo com a convenção de sinais estabelecida,  $p' < 0$ .

$$\text{Se: } p + |p'| = 40 \Rightarrow p - p' = 40 \quad (\text{I})$$

$$\text{Como: } A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow 3 = -\frac{p'}{p} \Rightarrow p' = -3p \quad (\text{II})$$

Substituindo II em I, temos que:

$$p - (-3p) = 40 \Rightarrow p + 3p = 40 \Rightarrow 4p = 40 \therefore p = 10 \text{ cm}$$

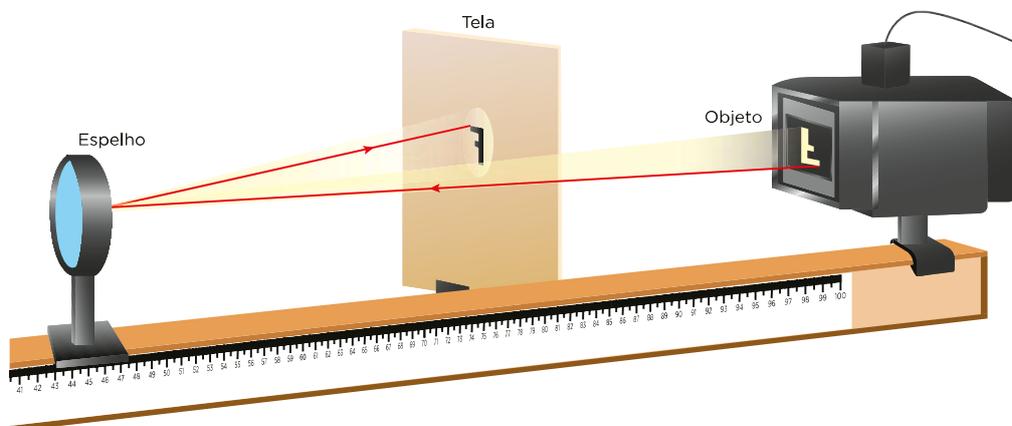
Substituindo esse resultado obtido em II, temos que:

$$p' = -3p \Rightarrow p' = -3 \cdot 10 = -30 \text{ cm}$$

Assim:

$$A = \frac{f}{f-p} \Rightarrow 3 = \frac{f}{f-10} \Rightarrow 3f - 30 = f \Rightarrow \\ \Rightarrow 2f = 30 \therefore f = 15 \text{ cm}$$

- 7 Uma montagem experimental é composta de três elementos: um objeto luminoso, um espelho côncavo (raio de curvatura 30 cm) e uma tela de projeção. Eles estão dispostos como mostra a figura.



Objeto e tela podem ser movidos a fim de que a imagem projetada esteja nítida. A maior distância possível entre a tela e o espelho é de 240 cm.

- a) Suponha que a tela esteja na posição de maior afastamento e que o objeto luminoso foi colocado a 17 cm do espelho. A imagem desse objeto ficará nítida?

Para que a imagem fique nítida, é necessário que ela se forme sobre a tela. Para isso, as distâncias do foco, do objeto ao espelho e da imagem ao espelho devem obedecer à equação de Gauss. Se o raio de curvatura do espelho é de 30 cm, sua distância focal é de 15 cm e, como se trata de espelho côncavo,  $f = +15$  cm.

Se a imagem vai ser projetada na tela, temos imagem real e  $p' > 0$ . Como a tela está na posição de máximo afastamento,  $p' = 240$  cm. Por meio da equação de Gauss, descobriremos se o objeto está na posição em que a imagem estará nítida:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{15} = \frac{1}{p} + \frac{1}{240} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{16-1}{240} \Rightarrow 15p = 240 \therefore p = 16 \text{ cm}$$

Para que a imagem fosse nítida, o objeto deveria estar situado a 16 cm. Como está a 17 cm, a imagem aparece borrada.

- b) Se a imagem não estiver nítida nas condições do item anterior, de quantos centímetros o objeto precisará ser deslocado, em relação ao espelho, para que a nitidez seja estabelecida? Devemos aproximá-lo ou afastá-lo do espelho?

A nitidez será atingida quando o objeto estiver a 16 cm do espelho. O objeto, portanto, deve ser aproximado do espelho de 1 cm.

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

### Tarefa Mínima

#### Aula 26

- Leia a seção *Nestas aulas*.
- Faça as questões 26 a 29 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

#### Aula 27

- Faça as questões 36 a 39 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

### Tarefa Complementar

#### Aula 26

- Leia o item 5 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

- Faça as questões 30 a 33 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

#### Aula 27

- Faça as questões 40 a 43 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

### Tarefa Desafio

#### Aula 26

- Faça as questões 34 e 35 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

#### Aula 27

- Faça as questões 44 e 45 do capítulo 3 de *Óptica geométrica* do *Caderno de Estudos*.

## EXTRAS!

- 1 (UFPR) Um espelho côncavo, com raio de curvatura 10 cm e centro em C, foi posicionado de acordo com a figura abaixo. Um objeto O, com 2 cm de altura, está localizado a 3 cm do espelho e orientado para baixo, a partir do eixo principal. Os segmentos que podem ser observados sobre o eixo principal são equidistantes entre si.

- a) Copie a figura e assinale o foco do espelho, ressaltando-o por meio da letra F.

