

Espelhos Esféricos: Estudo Analítico

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Competência(s):
5 e 20

Habilidade(s):
17 e 20

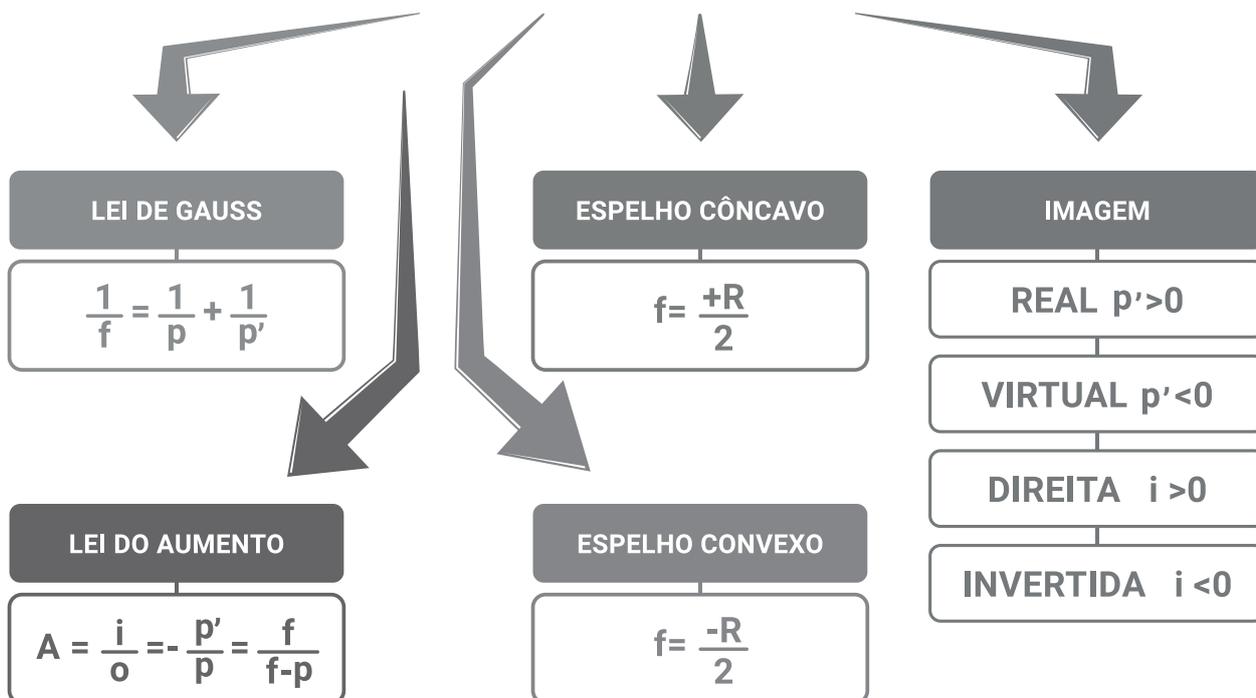
AULAS
9 E 10

VOCÊ DEVE SABER!

- Equações dos espelhos esféricos
- Lei de gauss
- Lei do aumento

MAPEANDO O SABER

ESPELHOS ESFÉRICOS

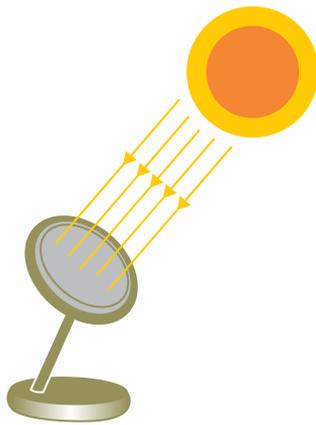


ANOTAÇÕES



EXERCÍCIOS DE SALA

1. (UECE 2022) Ao montar um experimento óptico em sala de aula, um professor de Física faz uso de um espelho côncavo de distância focal 24 cm. Ao ser questionado pelos alunos se haveria como determinar a razão entre os tamanhos da imagem e do objeto, o professor sugeriu aos alunos que utilizassem como parâmetro a distância entre o objeto e o foco do espelho, cujo valor corresponde a 16 cm. O valor da razão encontrada pelos estudantes corresponde a
- 2/3.
 - 3/2.
 - 5/3.
 - 5/2.
2. (UNESP 2022) Uma garota pegou um espelho esférico côncavo de maquiagem, apontou-o para o Sol e percebeu que uma imagem real desse astro se formou a 40 cm do espelho.



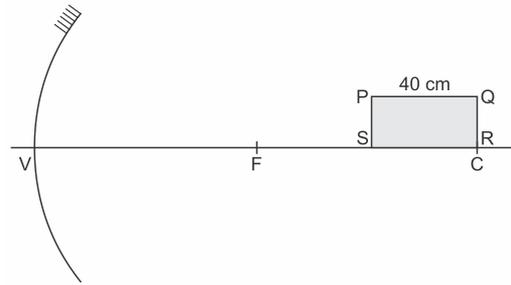
Em seguida, fez-se a pergunta:

– Se, com esse espelho, eu quiser ver uma imagem do meu rosto com duas vezes seu tamanho real e não invertida, a que distância do espelho devo me posicionar?

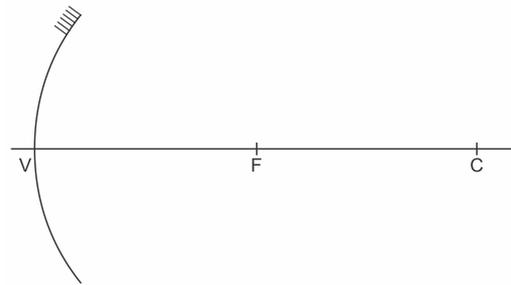
Depois de efetuar alguns cálculos, a garota acertará a resposta à sua pergunta se encontrar

- 30 cm.
 - 25 cm.
 - 15 cm.
 - 20 cm.
 - 35 cm.
3. (FMC 2020) Um objeto será colocado perpendicularmente ao eixo de uma lente delgada convergente cuja distância focal é de 10,0 cm. Para que a imagem desse objeto seja real e 20 vezes maior que ele, deve-se posicioná-lo a uma distância do centro óptico da lente igual a:
- 10,0 cm
 - 10,5 cm
 - 20,0 cm
 - 15,0 cm
 - 210 cm

4. (UNESP 2020) Uma placa retangular de espessura desprezível e de vértices PQRS é posicionada, em repouso, sobre o eixo principal de um espelho esférico gaussiano de vértice V, foco principal F e centro de curvatura C, de modo que a posição do vértice R da placa coincida com a posição do ponto C, conforme figura. O raio de curvatura desse espelho mede 160 cm e o comprimento da placa é 40 cm.

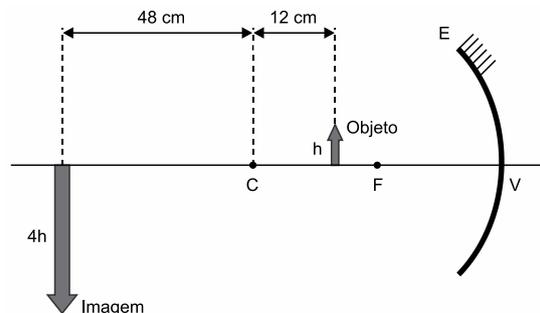


- a) Na figura apresentada a seguir, construa, traçando raios de luz, a imagem $P'S'$ do lado PS dessa placa. Identifique, nessa figura, os pontos P' e S' e classifique essa imagem como real ou virtual, justificando sua resposta.



- b) Calcule, em cm, a distância entre a imagem $P'S'$, do lado PS e a imagem $Q'R'$, do lado QR.

5. (UNIFESP 2020) Um objeto linear é colocado verticalmente em repouso sobre o eixo principal de um espelho esférico côncavo E de centro de curvatura C, foco principal F e vértice V. Nessa situação, esse espelho forma uma imagem real, invertida e quatro vezes maior do que o objeto, como representado na figura.

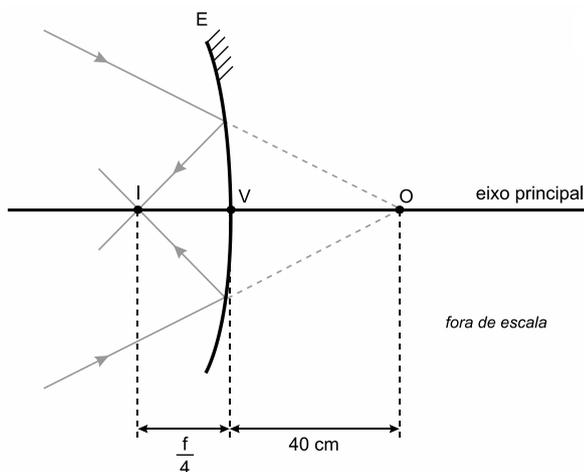


5. (Pucsp 2018) Considere dois espelhos esféricos, um côncavo e outro convexo, que obedecem às condições de nitidez de Gauss. Esses espelhos possuem, em módulo, a mesma distância focal. De um objeto situado a uma distância P_1 da superfície refletora do espelho convexo, é conjugada uma imagem cujo aumento linear transversal é igual a $3/4$.

Determine o módulo da relação P_2/P_1 , para que, quando esse mesmo objeto estiver distante P_2 da superfície refletora do espelho côncavo, seja obtido o mesmo aumento linear em módulo.

- a) 1 b) 3 c) 4 d) 7

6. (Famema 2017) Na figura, O é um ponto objeto virtual, vértice de um pincel de luz cônico convergente que incide sobre um espelho esférico côncavo E de distância focal f . Depois de refletidos no espelho, os raios desse pincel convergem para o ponto I sobre o eixo principal do espelho, a uma distância $f/4$ de seu vértice.



Considerando válidas as condições de nitidez de Gauss, é correto afirmar que a distância focal desse espelho é igual a

- a) 150 cm. b) 160 cm.
c) 120 cm. d) 180 cm.
e) 200 cm.

7. (Udesc 2017) Um lápis foi colocado a 30,00 cm diante de um espelho esférico convexo de distância focal igual a 50,0 cm, perpendicularmente ao eixo principal. O lápis possui 10,0 cm de comprimento. Com base nestas informações, pode-se afirmar que a posição e o tamanho da imagem do lápis são, respectivamente:

- a) 75,0 cm e -25,0 cm
b) 18,75 mm e -6,25 mm
c) -75,0 cm e 25,0 cm
d) 75,0 cm e 6,25 cm
e) -18,75 cm e 6,25 cm

8. (Ulbra 2016) Um objeto está à frente de um espelho e tem sua imagem aumentada em quatro vezes e projetada em uma tela que está a 2,4 m do objeto, na sua horizontal. Que tipo de espelho foi utilizado e qual o seu raio de curvatura?

- a) Côncavo; 64 cm.
b) Côncavo; 36 cm.
c) Côncavo; 128 cm.
d) Convexo; -128 cm.
e) Convexo; -64 cm.

9. (Pucsp 2016) 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 $1/3$ do tamanho do objeto e situada sobre o eixo principal desse espelho. Sabe-se que distância entre a imagem e o objeto é de 80 cm.

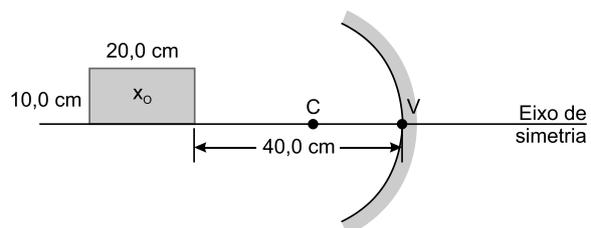
- a) 15
b) 30
c) 60
d) 90

10. (Puccamp 2016) Uma vela acesa foi colocada a uma distância p do vértice de um espelho esférico côncavo de 1,0 m de distância focal. Verificou-se que o espelho projetava em uma parede uma imagem da chama desta vela, ampliada 5 vezes.

O valor de p , em cm, é:

- a) 60.
b) 90.
c) 100.
d) 120.
e) 140.

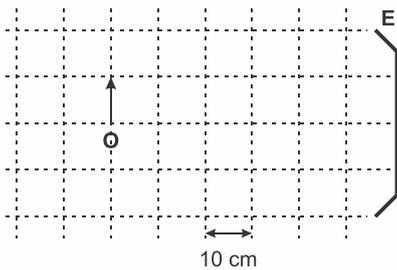
11. (Unisinos 2021) Um objeto retangular X_o , cujas arestas medem 20,0 cm e 10,0 cm, é posicionado de tal forma que uma de suas arestas verticais esteja 40,0 cm à esquerda do vértice V de um espelho esférico côncavo, cujo raio de curvatura mede 20,0 cm. O objeto retangular X_o , bem como suas dimensões, e o posicionamento do centro de curvatura do espelho esférico estão ilustrados na figura a seguir. A imagem X_i do objeto retangular, conjugada pelo espelho côncavo, é _____, e a área da figura que constitui a imagem X_i é de _____ cm^2 .



A alternativa que contém as informações que preenchem, correta e respectivamente, as lacunas apresentadas no texto é

- a) real e $\frac{8}{3}$
- b) real e $\frac{40}{9}$
- c) real e $\frac{32}{9}$
- d) virtual e $\frac{40}{9}$
- e) virtual e $\frac{32}{9}$

12. (Ufrgs 2016) Observe a figura abaixo.



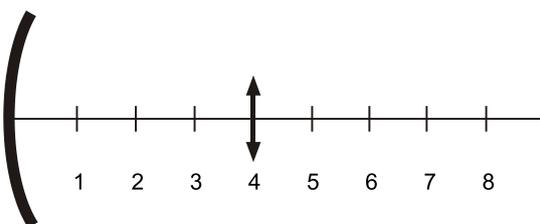
Na figura, E representa um espelho esférico côncavo com distância focal de 20 cm, e O, um objeto extenso colocado a 60 cm do vértice do espelho.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A imagem do objeto formada pelo espelho é _____, _____ e situa-se a _____ do vértice do espelho.

- a) real – direita – 15 cm
- b) real – invertida – 30 cm
- c) virtual – direita – 15 cm
- d) virtual – invertida – 30 cm
- e) virtual – direita – 40 cm

13. (Pucrs 2014) A figura a seguir mostra um espelho côncavo e diversas posições sobre o seu eixo principal. Um objeto e sua imagem, produzida por este espelho, são representados pelas flechas na posição 4.



O foco do espelho está no ponto identificado pelo número

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 8

14. (Mackenzie 2014) Dispõe-se de um espelho convexo de Gauss, de raio de curvatura R. Um pequeno objeto colocado diante desse espelho, sobre seu eixo principal, a uma distância R de seu vértice V, terá uma imagem conjugada situada no ponto P desse eixo. O comprimento do segmento VP é

- a) R/4
- b) R/3
- c) R/2
- d) R
- e) 2 R

15. (Upe 2014) Um objeto foi colocado sobre o eixo principal de um espelho côncavo de raio de curvatura igual a 6,0 cm. A partir disso, é possível observar que uma imagem real foi formada a 12,0 cm de distância do vértice do espelho. Dessa forma, é **CORRETO** afirmar que o objeto encontra-se a uma distância do vértice do espelho igual a

- a) 2,0 cm
- b) 4,0 cm
- c) 5,0 cm
- d) 6,0 cm
- e) 8,0 cm

16. (Fmj 2016) Um objeto é colocado perpendicularmente sobre o eixo principal de um espelho esférico de distância focal 2 m, que atende às condições de nitidez de Gauss. A imagem formada é virtual, direita e com o dobro do comprimento do objeto.

Nas condições descritas, relativas à natureza e à posição da imagem formada, determine:

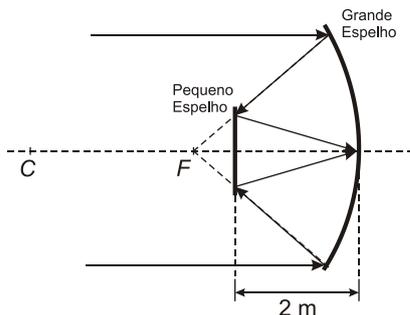
- a) o tipo do espelho esférico empregado.
- b) a distância, em metros, do objeto ao vértice do espelho esférico.

17. (Ufu 2015) Uma pessoa projeta em uma tela a imagem de uma lâmpada, porém, em um tamanho quatro vezes maior do que seu tamanho original. Para isso, ela dispõe de um espelho esférico e coloca a lâmpada a 60 cm de seu vértice.

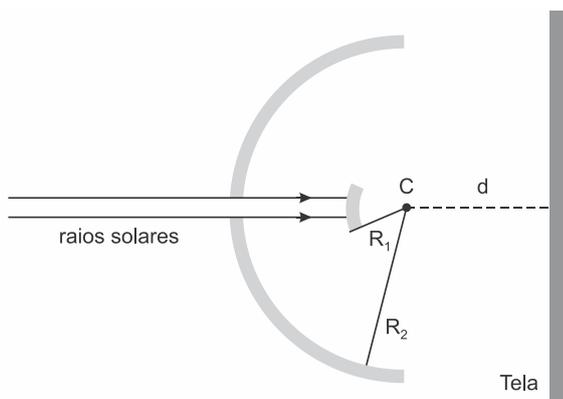
A partir da situação descrita, responda:

- a) Que tipo de espelho foi usado e permitiu esse resultado? Justifique matematicamente sua resposta.
- b) Se um outro objeto for colocado a 10 cm do vértice desse mesmo espelho, a que distância dele a imagem será formada?

18. (Ufjf 2011) A luz de um feixe paralelo de um objeto distante atinge um grande espelho, de raio de curvatura $R = 5,0$ m, de um poderoso telescópio, como mostra a figura ao lado. Após atingir o grande espelho, a luz é refletida por um pequeno espelho, também esférico e não plano como parece, que está a 2 m do grande. Sabendo que a luz é focalizada no vértice do grande espelho esférico, faça o que se pede nos itens seguintes.

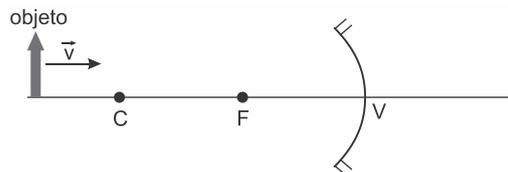


- O objeto no ponto F , para o pequeno espelho, é real ou virtual? Justifique sua resposta.
 - Calcule o raio de curvatura r do pequeno espelho.
 - O pequeno espelho é côncavo ou convexo? Justifique sua resposta.
19. (Ufrj 2008) Um dispositivo para a observação da imagem do Sol é constituído por dois espelhos esféricos concêntricos e uma tela, como ilustra a figura a seguir. O espelho convexo tem raio de curvatura R_1 igual a 12 cm e o espelho côncavo tem raio de curvatura R_2 igual a 30 cm.



Calcule o valor da distância (d) entre a tela e o centro de curvatura C , comum aos dois espelhos, quando a imagem do Sol se forma com nitidez sobre a tela.

20. (Ueg 2008) Conforme a ilustração a seguir, um objeto de 10 cm de altura move-se no eixo de um espelho esférico côncavo com raio de curvatura $R = 20$ cm, aproximando-se dele. O objeto parte de uma distância de 50 cm do vértice do espelho, animado com uma velocidade constante de 5 cm/s.



Responda ao que se pede.

- No instante $t = 2$ s, quais são as características da imagem formada? Justifique.
- Em qual instante a imagem do objeto se formará no infinito? Justifique.
- No instante $t = 7$ s, qual é a posição e tamanho da imagem formada? Justifique.

GABARITO

1. D 2. D 3. B 4. C 5. D
 6. C 7. E 8. C 9. C 10. D
 11. C 12. B 13. B 14. B 15. B

16.

- a) O único espelho esférico que fornece uma imagem ampliada e direita é o espelho **côncavo**. O objeto deve estar entre a distância focal e o espelho, portanto podemos também prever que a resposta para o item (b) é menor que 2m.
 b) Usando a equação de Gauss para os espelhos esféricos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

sendo:

f = distância focal

d_i = distância da imagem

d_o = distância do objeto

E usando as seguintes convenções:

$$f \begin{cases} > 0, \text{ esp. côncavo} \\ < 0, \text{ esp. convexo} \end{cases}$$

$$d_i \begin{cases} > 0, \text{ imagem real} \\ < 0, \text{ imagem virtual} \end{cases}$$

Substituindo os valores fornecidos, temos:

$$\frac{1}{2 \text{ m}} = \frac{1}{-d_i} + \frac{1}{d_o} \quad (1)$$

Combinando a equação de Gauss com a relação de aumento em módulo A:

$$A = \left| \frac{i}{o} \right| = \left| \frac{d_i}{d_o} \right|$$

Em que:

i = tamanho da imagem

o = tamanho do objeto

$$A = \left| \frac{d_i}{d_o} \right| = 2 \therefore d_i = 2 d_o \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1):

$$\frac{1}{2 \text{ m}} = \frac{1}{-2 d_o} + \frac{1}{d_o} \xrightarrow{\text{multipl. (2 } d_o)} d_o = -1 + 2 \therefore d_o = 1 \text{ m}$$

17.

- a) Como a imagem é projetada em uma tela, ela é real, invertida e maior; o espelho esférico usado é côncavo.

Justificativa:

O aumento da imagem ou ampliação (A) é representado por:

$$A = \frac{i}{o} = \frac{d_i}{d_o} \quad (1)$$

Em que i é a altura da imagem, o altura do objeto, d_i é a distância da imagem em relação ao vértice, d_o é a distância do objeto em relação ao vértice do espelho.

Temos a informação de que a imagem é quatro vezes maior que o objeto e que a distância do objeto é de 60 cm.

Substituindo na equação (1), obtemos a distância da imagem:

$$4 = \frac{d_i}{60 \text{ cm}} \Rightarrow d_i = 240 \text{ cm}$$

Aplicando a equação de Gauss: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \quad (2)$

em que f é a distância focal do espelho e substituindo os valores d_i e d_o, calculamos f:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{240} + \frac{1}{60} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{5}{240} \Rightarrow f = 48 \text{ cm}$$

Confirmando assim o espelho côncavo, pois f > 0.

- b) Tendo a distância focal e sabendo que agora o objeto será colocado a 10 cm do vértice do espelho, ou seja, entre o vértice e o foco, podemos concluir que a imagem será virtual sendo que a distância da imagem deverá ser negativa de acordo com as convenções de sinais adotadas para espelhos esféricos. Neste caso, a equação de Gauss (2) é suficiente para apresentar a solução.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{48} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{48} - \frac{1}{10} = \frac{1}{d_i} \Rightarrow d_i = -\frac{480}{38} = -12,6 \text{ cm}$$

Sendo assim, a imagem está a 12,6 cm do vértice do espelho para "dentro do espelho", de modo que seja, então, uma imagem virtual.

18.

a) Ponto Objeto (**PO**) é vértice de feixe **Incidente** no sistema óptico. Pode ser classificado em:

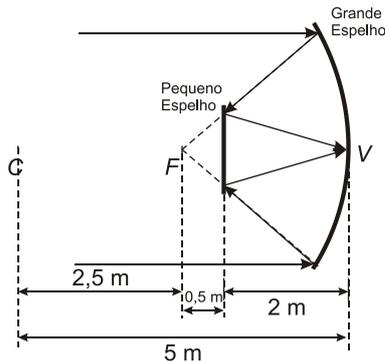
PO Real \Rightarrow vértice de feixe incidente, divergente;

PO Virtual \Rightarrow vértice de feixe incidente, convergente;

PO Impróprio \Rightarrow vértice de feixe incidente, cilíndrico.

O ponto F é vértice de feixe convergente e incidente no pequeno espelho, comportando-se, então, para esse espelho como um **Ponto Objeto Virtual**.

b)



Como se trata de espelhos gaussianos, o foco F situa-se no ponto médio entre o centro de curvatura C e o vértice V .

$$\overline{CF} = \overline{FV} = \frac{\overline{CV}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m.}$$

Por isso a distância focal do grande espelho é 2,5 m, uma vez que o feixe nele incidente é cilíndrico (todo raio que incide paralelo ao eixo principal reflete passando pelo foco principal).

O ponto F , de acordo com a figura acima, está a 2,5 m de V e a 0,5 m do vértice do pequeno espelho. Como ele é ponto objeto virtual, de acordo com o referencial de Gauss, sua abscissa é negativa ($p = -0,5 \text{ m}$). O ponto imagem real conjugado pelo pequeno espelho forma-se no vértice V do grande espelho. Então:

$$p' = +2 \text{ m.}$$

Aplicando a equação dos pontos conjugados:

$$f = \frac{p \times p'}{p + p'} = \frac{-0,5(2)}{-0,5 + 2} = \frac{-1}{1,5} \Rightarrow f = -\frac{2}{3} \text{ m.}$$

Como o raio de curvatura (r) é igual ao dobro do módulo da abscissa focal, vem:

$$r = 2|f| = 2\frac{2}{3} = \frac{4}{3} \text{ m} \Rightarrow r \cong 1,3 \text{ m.}$$

c) Novamente, de acordo com o referencial de Gauss:

Espelho côncavo: $f > 0$;

Espelho convexo: $f < 0$;

Ora, no item anterior, obtivemos para o pequeno espelho $f = -\frac{2}{3} \text{ m}$. Logo, ele é convexo.

19.

$$d = 10 \text{ cm}$$

20.

$$a) x = 5,0 \text{ t.}$$

Para $t = 2,0 \text{ s} \rightarrow x = 10 \text{ cm}$.

Assim, em $t = 2,0 \text{ s}$, o objeto estará a 40 cm do vértice do espelho, ou seja, ele estará antes do centro de curvatura C do espelho.

Para um objeto que se encontra antes do centro de curvatura de um espelho côncavo, as características da imagem formada são: real, invertida e menor.

b) Para que a imagem se forme no infinito (imagem imprópria), o objeto deve se encontrar no foco do espelho. Portanto, ele deverá percorrer 40 cm. Assim, teremos:

$$x = 5,0 \text{ t}$$

$$40 = 5,0 t \rightarrow t = 8,0 \text{ s.}$$

c) Distância percorrida pelo objeto em 7 s:

$$x = 5,0 \text{ t}$$

$$x = 5,0 \cdot 7,0 = 35 \text{ cm}$$

Logo, a posição do objeto será: $p = 15 \text{ cm}$.

Calculando a posição da imagem formada usando a relação:

$$\left(\frac{1}{p}\right) + \left(\frac{1}{p'}\right) = \frac{1}{f}$$

Utilizamos o fato de que $f = \frac{R}{2}$

$$p' = 30 \text{ cm}$$

Em $t = 7,0$ s, o objeto se encontra entre o foco e o Centro de Curvatura e, portanto, sua imagem será real, maior e invertida.

O cálculo do tamanho da imagem formada pode ser realizado utilizando a equação para ampliação da imagem, dada por:

$$A = i/o = p'/p$$

$$i/10 = -\frac{[(30)]}{15}$$

$$i = -20 \text{ cm}$$

Nessa equação, i e o são os tamanhos da imagem e do objeto, respectivamente. O sinal negativo indica que a imagem formada é invertida.