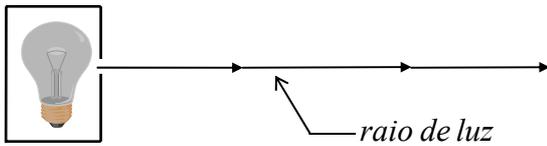


ÓPTICA GEOMÉTRICA

Óptica Geométrica é o estudo dos princípios fundamentais e considerações geométricas da luz, sem necessidade do conhecimento prévio das teorias que explicam a natureza da luz.

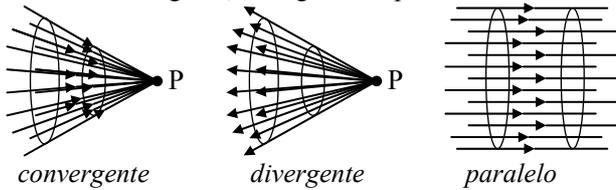
Raio de Luz

São linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.



Feixe de luz

Um conjunto de raios de luz constitui um feixe de luz. Estes podem ser convergente, divergente ou paralelo.



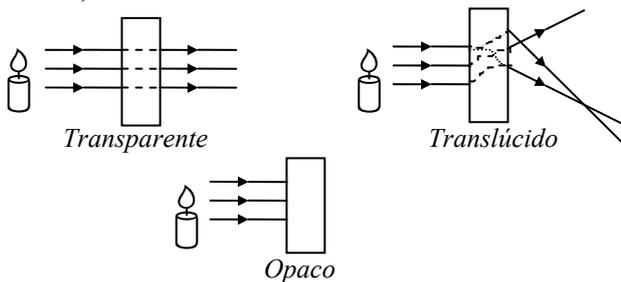
Fonte Luminosa

É todo corpo capaz de emitir luz. As fontes de luz se classificam em:

- **Fontes primárias** (ou corpos luminosos): que emitem a luz que produzem, é o caso do sol das lâmpadas elétricas, da chama de uma vela etc.
- **Fontes secundárias** (corpos iluminados): que emitem a luz que recebem de outros corpos, é o caso da lua, das paredes, das roupas etc.

Meios transparentes, translúcidos e opacos.

- **Transparente:** Através destes meios materiais os objetos são vistos com nitidez. Ex.: o ar a água limpa (em pequena quantidade), o vidro comum etc.
- **Translúcido:** Através destes meios materiais os objetos são vistos sem nitidez. Ex.: papel vegetal, grandes massas de água etc.
- **Opacos:** Não permitem a visualização de objetos. Ex.: madeira, concreto etc.

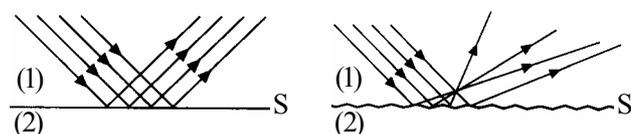


Fenômenos Ópticos

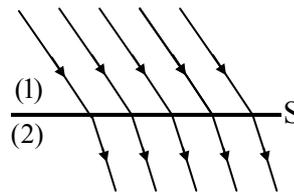
Considere um feixe de raios paralelos propagando-se num meio (1) e incidindo sobre a superfície plana "S" de separação com o meio (2). Dependendo da natureza do meio (2) e da superfície "S", ocorrem:

Reflexão regular (ou especular)

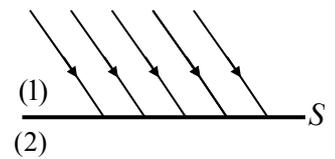
Reflexão difusa



Refração da luz



Absorção da luz



Velocidade da Luz

A luz branca (luz emitida pelo sol ou por uma lâmpada incandescente) é constituída por uma infinidade de luzes monocromáticas, as quais podem ser divididas em sete cores principais.

Vermelho, Alaranjado, Amarelo, Verde, Azul, Anil e Violeta.

A luz se propaga no vácuo, isto é, para a propagação não há necessidade de matéria.

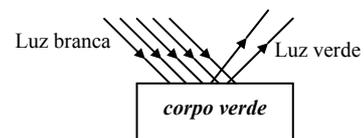
Qualquer que seja o tipo de luz, sua velocidade vácuo é igual, aproximadamente 300 000 km/s.

Num meio material, a velocidade da luz é menor e seu valor depende do tipo de luz que se propaga, isto é, para cada tipo de luz a velocidade de propagação num meio material é diferente. Em ordem crescente de velocidade num meio material temos a seguinte seqüência: **Violeta – Anil – Azul – Verde – Amarela – Alaranjada – Vermelha**

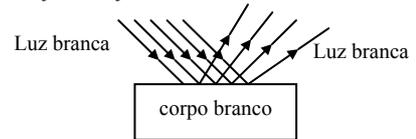
A Cor de um corpo

As cores dos corpos são determinadas pelo tipo de luz refletida difusamente.

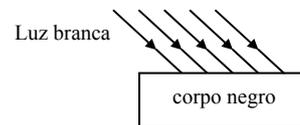
Se sobre um corpo verde incide uma luz branca (do sol, por exemplo), este absorve todas as cores e só reflete a luz verde para o olho do observador.



Um corpo branco iluminado pela luz branca se apresenta branco porque reflete difusamente as luzes de todas as cores.



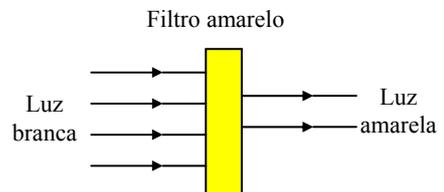
Um corpo negro absorve-as totalmente.



Filtro de Luz

Chama-se filtro de luz todo dispositivo feito de material transparente, que permite a passagem de apenas uma determinada cor, absorvendo as demais.

Num filtro amarelo só os raios de luz de cor amarela o atravessam.



TESTES DE SALA:

T01. Você enxerga as pessoas em sua volta porque elas:

- a) Possuem luz própria.
- b) Refletem regularmente a luz.
- c) Refletem difusamente a luz.
- d) Estão em movimento.
- e) Absorvem a luz.

T02. Dentre as luzes monocromáticas, qual a que se propaga mais rapidamente na água?

T03. Suponha que a bandeira do Brasil seja colocada num quarto escuro e iluminada com luz monocromática amarela. Diga, justificando suas respostas, com que cor se apresentarão as seguintes partes da bandeira:

- a) O círculo central _____
- b) O losango _____
- c) A faixa do círculo central e as estrelas _____
- d) O resto da bandeira _____

T04. Um avental branco sob a luz solar é visto através de um filtro vermelho. Com que cor se apresentará esse avental?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P01. Um objeto que se apresenta amarelo quando exposto à luz solar é colocado em um quarto escuro. Qual será a cor desse objeto, se acendermos no quarto uma luz monocromática azul?

P02. Por que um corpo opaco tem, por exemplo, cor verde? Se esse corpo estiver num ambiente iluminado somente por uma luz monocromática vermelha, com que aparência será observado por nós?

P03. Um corpo branco sob luz solar é observado através de um filtro azul. Qual será a cor desse corpo?

Princípios da propagação da luz

1. *Princípio da propagação retilínea da luz*

Em meios transparentes e homogêneos, a luz se propaga em linha reta.

2. *Princípio da independência dos raios luminosos*

Quando dois ou mais raios de luz vindos de fontes diferentes se cruzam, seguem suas trajetórias de forma independente, como se os outros não existissem.

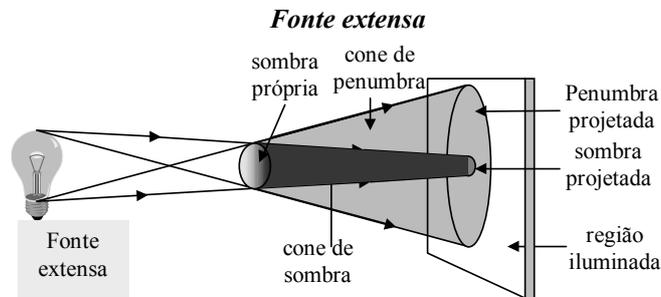
3. *Princípio da reversibilidade dos raios luminosos*

A trajetória seguida por um raio luminoso é independente do sentido de sua propagação.

Sombras

A formação das sombras comprova o princípio da propagação retilínea da luz.

Um objeto opaco absorve luz e produz sombra na região atrás de si.



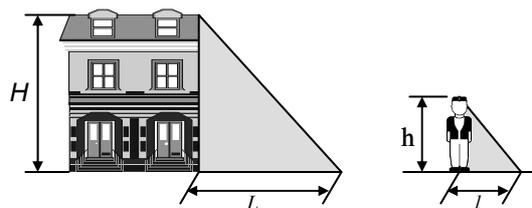
- **Sombra:** é a região do espaço que não recebe luz direta da fonte.
- **Penumbra:** é a região que recebe apenas parte da luz direta da fonte.

TESTES DE SALA:

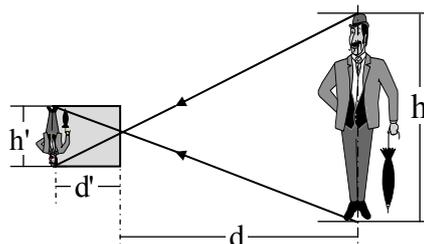
T05. (UEL-PR) Num instante t_0 , a Lua se interpõe entre a Terra e o Sol. Três observadores, **p**, **s** e **i**, encontram-se na superfície da Terra, todos no hemisfério voltado para o Sol, respectivamente nas regiões de penumbra, de sombra e iluminada. Assim, no instante t_0

- a) **s** observa o eclipse total, **p** observa o eclipse parcial e **i** não percebe o eclipse do Sol.
- b) **p** e **s** observam o eclipse total do Sol, enquanto **i** não.
- c) **p** observa o eclipse parcial do Sol, **s** observa o eclipse total da Lua e **i** não percebe nenhum eclipse.
- d) todos percebem o eclipse total do Sol.
- e) **p** observa o eclipse parcial do Sol, **s** observa o eclipse total do Sol e **i** observa um eclipse parcial da Lua.

T06. (PUC-SP) A um aluno foi dada a tarefa de medir a altura do prédio da escola que freqüentava. O aluno então, pensou em utilizar seus conhecimentos de óptica geométrica e mediu, em determinada hora da manhã, o comprimento das sombras do prédio e dele próprio projetadas na calçada (L e l , respectivamente). Facilmente chegou à conclusão de que a altura do prédio da escola era de cerca de 12,0 m. As medidas por ele obtidas para as sombras foram $L = 5,0$ m e $l = 0,7$ m. Qual é a altura do aluno?



T07. Uma pessoa de 1,6 m de altura está de pé em frente a um orifício de uma câmara escura, à distância de 2 m. Calcule a altura da sua imagem projetada no anteparo, sabendo que esta tem 50 cm.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P04. Um observador nota que um edifício projeta no solo uma sombra de 30 m de comprimento no instante em que uma haste vertical de 20 cm de altura projeta no solo uma sombra de comprimento 0,80 m. Determine a altura do edifício.

P05. Uma câmara escura de orifício apresenta comprimento de 40 cm. De uma árvore de altura 5 m obteve-se, no anteparo fosco, uma imagem de altura 25 cm. Determine a distância da árvore até a câmara.

06. Um muro de 2 m de altura produz uma sombra de 60 cm. No mesmo instante um prédio produz uma sombra de 15 m. Determine a altura do prédio.

P07. Uma fonte puntiforme ilumina um disco metálico de raio 10 cm. A fonte e o centro do disco pertencem a uma mesma reta perpendicular a um anteparo. Sabendo-se que a distância da fonte ao disco é de 20 cm e do disco ao anteparo é de 50 cm. Determine o raio do disco projetado no anteparo.

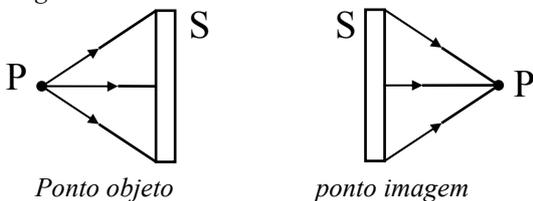
P08. Um observador mantém diante dos olhos uma escala milimetrada a uma distância de 60 cm. O ângulo visual, através do qual o observador abrange 8 andares de um edifício, delimita uma extensão de 10 cm na régua. Sabendo-se que cada andar tem uma altura de 3 m, determine a que distância se encontra o observador do edifício.

P09. Determine a altura de uma torre que é vista segundo um ângulo visual de 30° por um observador que se encontra a 6 m da mesma. (obs.: $\text{tg } 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$)

Sistema óptico

Denominamos **sistema óptico** os sistemas físicos que alteram a direção dos raios de luz.

Em relação a um sistema óptico podemos definir **ponto objeto** e **ponto imagem**.

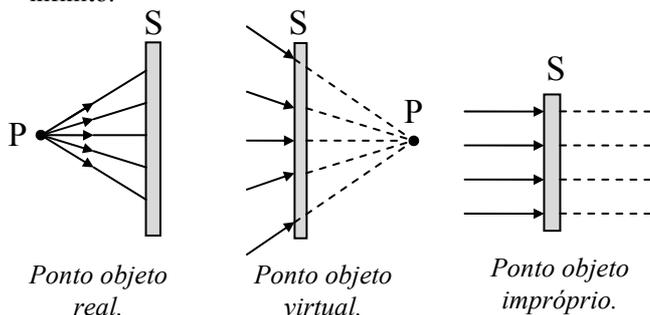


Ponto objeto é o ponto de interseção dos raios de luz que incidem no sistema.

Ponto imagem é o ponto de interseção dos raios de luz que emergem do sistema.

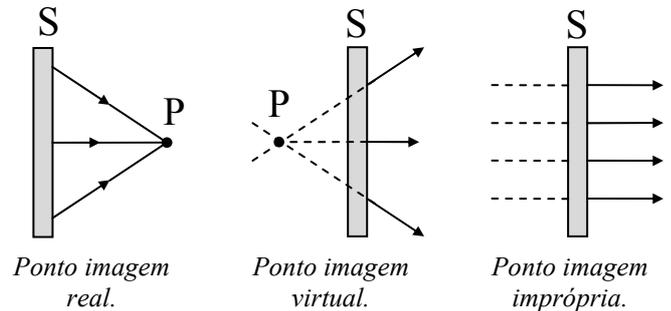
Existem três tipos de **pontos objetos** para o sistema óptico S:

- **Ponto objeto real:** Quando os raios incidentes efetivamente passam pelo ponto P.
- **Ponto objeto virtual:** Se apenas os prolongamentos dos raios incidentes se cruzam no ponto P.
- **Ponto objeto impróprio:** Quando os raios incidentes são paralelos, dizemos, nesse caso, que o ponto objeto está no infinito.



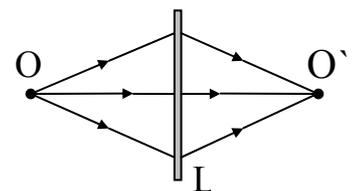
Os **pontos imagens** também podem ser de três tipos:

- **Ponto imagem real:** Quando os raios emergentes efetivamente passam pelo ponto P.
- **Ponto imagem virtual:** Se apenas os prolongamentos dos raios emergentes se cruzam no ponto P.
- **Ponto imagem imprópria:** Quando os raios emergentes são paralelos, dizemos, nesse caso, que o ponto imagem está no infinito.

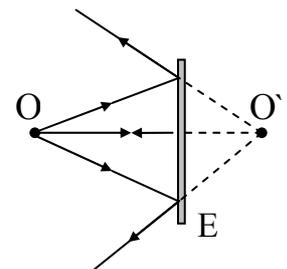


TESTES DE SALA:

T08. (UECE) A figura representa uma lente L e os raios luminosos que partem de um objeto O. Dê a natureza dos pontos conjugados O e O'.



T09. (UECE) A figura representa um espelho esférico e os raios luminosos que partem de um objeto O. Dê a natureza dos pontos conjugados O e O'.

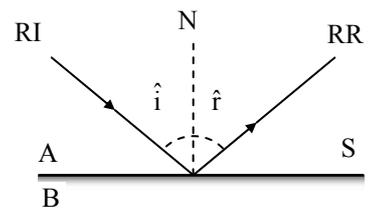


Leis da reflexão

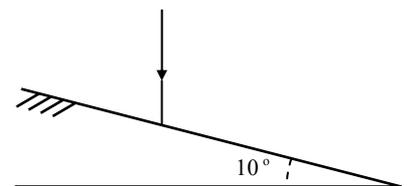
Considere uma superfície “S” perfeitamente polida que separa os meios A e B.

RI, RR e N são coplanares.

$$\hat{i} = \hat{r}$$

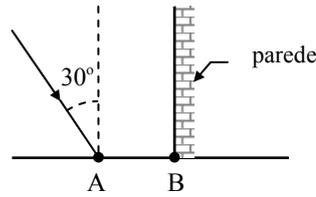


T10. (FEI-SP) Um raio de luz incide verticalmente sobre um espelho plano inclinado de 10° em relação a um plano horizontal. Qual será o ângulo entre o raio refletido e o raio incidente?



EXERCÍCIO PROPOSTO:

P10. Um raio de luz incide sobre uma superfície de um espelho plano conforme mostra a figura:



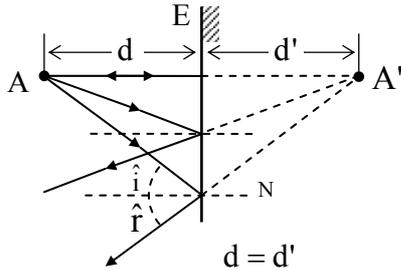
Sabendo-se que $AB = 2\sqrt{3}$ m, calcule a que distância do espelho o raio refletido atinge a parede.

Espelhos planos

Uma superfície plana regular que reflete a luz intensamente é denominada **espelho plano**.

Formação de imagens

Colocando um objeto luminoso A na frente de um espelho, observamos que os raios provenientes dele sofrem reflexão regular.



Um espelho plano sempre produz, de um objeto real, uma imagem virtual e simétrica ao espelho. Na figura acima o ponto A representa o **objeto**. O ponto A' é a **imagem** obtida pelo prolongamento dos raios refletidos no espelho plano.

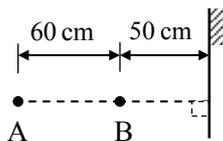
Análise das características da imagem nos espelhos planos

1. *Virtual* - formada pelo prolongamento dos raios refletidos, atrás do espelho.
2. *Simétricas* - o eixo de simetria é vertical, isto significa: lado direito do objeto passa para o esquerdo da imagem e vice-versa.
3. *Eqüidistante* - a distância objeto espelho é igual a distância espelho imagem.
4. *Tamanho* - igual ao objeto.

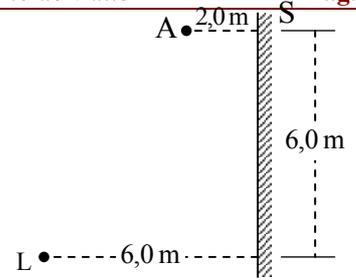
TESTES DE SALA:

T11. Uma pessoa corre para um espelho plano vertical com a velocidade de 1,5 m/s. Com que velocidade a imagem da pessoa se aproxima do espelho?

T12. Dois pontos, A e B, estão diante de um espelho plano, conforme indica a figura. A que distância do ponto B se forma a imagem de A?



T13. (FUVEST-SP) A figura representa um objeto A colocado a uma distância de 2,0 m de um espelho plano S, a uma lâmina L colocada à distância de 6,0 m do espelho.



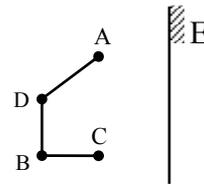
- a) Desenhe o raio emitido por L e refletido por S que atinge A. Explique a construção.
- b) Calcule a distância percorrida por esse raio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P11. Um observador O vê o ponto P por reflexão. Trace um raio proveniente de P que atinja O.



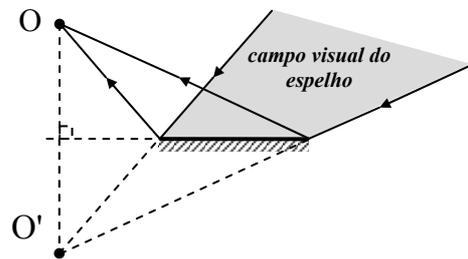
P12. Desenhe a imagem do objeto da figura:



P13. Um relógio sem número no mostrador é observado num espelho plano, notando-se que a imagem registra 10 horas e 10 minutos. Qual a hora real que o relógio marca?

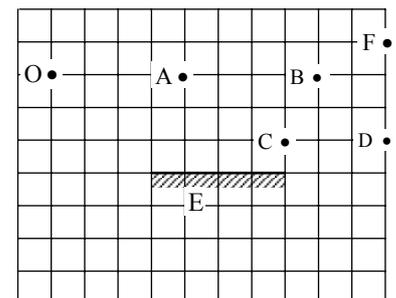
Campo visual de um espelho plano

É aquela região que um observador vê ao se colocar na frente de um espelho; esta região está limitada pelos raios que passam nos extremos do espelho. O campo visual depende das dimensões do espelho e da posição do observador em relação a ele.

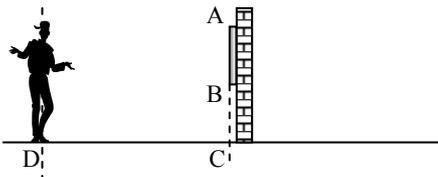


TESTES DE SALA:

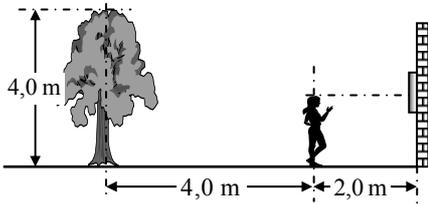
T14. Considere cinco pontos-objeto, A, B, C, D e F, um espelho plano E e um olho O de um observador. Quais pontos-objeto o observador vê por reflexão no espelho?



T15. (F.M. ABC-SP) Um rapaz de 1,80 m de altura vê todo o seu corpo refletido num espelho plano vertical, situado a uma distância $CD = 3$ m. Os olhos do rapaz encontram-se a 1,70 m do solo. Calcule o comprimento mínimo AB que tem esse espelho e sua posição BC em relação ao solo .

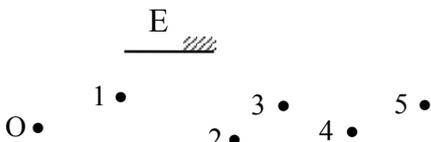


T16. (EU-CE) No esquema ao lado, é mostrado uma mulher de frente para um espelho plano S , vertical, e de costas para uma árvore P , de altura igual a 4,0 m. Qual deverá ser o comprimento mínimo do espelho para que a mulher possa ver nele a imagem completa da árvore?



EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P14. Um observador O está olhando para o espelho plano E da figura. Quais pontos objetos numerados ele poderá ver por reflexão no espelho?



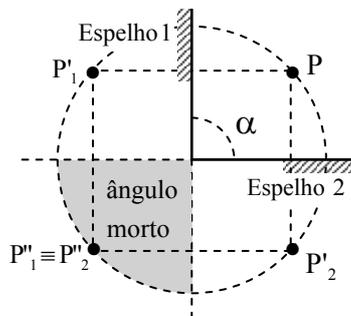
P15. Um observador O encontra-se no meio da parede AB de uma sala quadrada $ABCD$, na qual existe um espelho plano vertical MN com M médio de CD e N médio de BD . Qual (ou quais) canto da sala poderá ser visto por O por reflexão no espelho?

Imagens em dois espelhos

Quando colocamos dois espelhos juntos, de maneira a formar um certo ângulo entre si, existe um processo de reflexões sucessivas, possibilitando a formação de várias imagens, a depender do ângulo entre eles.

Obs.:

- Observa-se, que por razão de simetria, o ponto objeto e os pontos imagens ficam sobre uma mesma circunferência.
- Verifica-se que o ângulo oposto pelo vértice de α é um ângulo que não gera mais novas imagens. Esse ângulo é chamado de ângulo morto.



Para dois espelhos planos que formam entre si um ângulo α , o número de imagens N obtidas de um objeto colocado entre eles é:

$$N = \frac{360}{\alpha} - 1, \text{ que é válida nos casos:}$$

- a) quando a relação $\frac{360}{\alpha}$ é um número PAR, qualquer que seja a posição do objeto P entre os dois;
- b) quando a relação $\frac{360}{\alpha}$ é um número ÍMPAR, estando o objeto no plano bissetor do ângulo α .

TESTES DE SALA:

T17. Colocando-se um objeto entre dois espelhos planos que formam entre si um ângulo diedro de 45° , qual o número de imagens virtuais formadas?

T18. Com três patinadores, colocados entre dois espelhos planos fixos, um diretor de cinema consegue uma cena onde são vistos, no máximo, 24 patinadores. Qual o ângulo α entre os espelhos?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

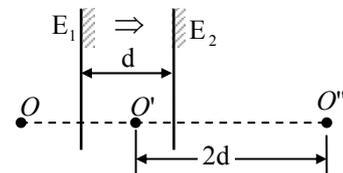
P16. Determine o número de imagens formada de um ponto objeto P colocado entre dois espelhos planos que formam entre si um ângulo de 60° .

P17. Um objeto é colocado sobre a bissetriz do ângulo formado por dois espelhos planos, produzindo-se 35 imagens do referido objeto. Determine o ângulo entre os espelhos.

P18. Dois espelhos planos formam entre si um certo ângulo. Calcule esse ângulo, sabendo que reduzindo-o de 10° o número de imagens produzidas pelo sistema de um dado objeto é aumentado de 6.

Translação de um espelho plano

Considere um observador O e sua imagem O' , simétricos em relação a um espelho plano, inicialmente na posição E_1 , em seguida o espelho sofre um deslocamento d , passando para posição E_2 , e a imagem passou a ser O'' simétrica de O .



Se um espelho plano sofre um deslocamento d , a imagem sofre um deslocamento $2d$.

TESTES DE SALA:

T19. Uma pessoa está diante de um espelho plano vertical. Em relação a um referencial na Terra, a pessoa está em repouso e o espelho translada, numa direção perpendicular ao seu plano, com velocidade 2,0 m/s. Determine a velocidade da imagem da pessoa tomando como referencial:

- a) o espelho
- b) a Terra

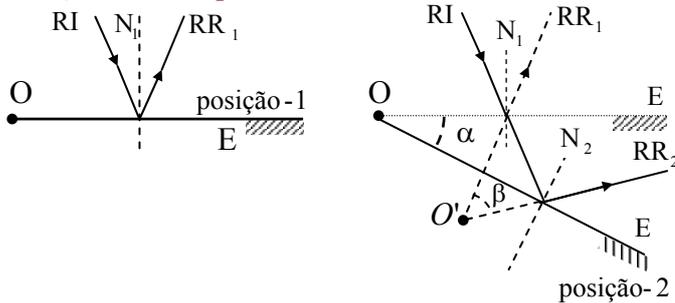
T20. Um automóvel se desloca segundo uma trajetória retilínea com velocidade constante. O motorista, olhando o espelho retrovisor, vê a imagem de um poste se deslocando com velocidade de 60 km/h. Quanto marca o velocímetro?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P19. Uma pessoa está de pé diante de um espelho plano vertical. Se o espelho mantendo-se na vertical, afastar-se de uma distância d da pessoa, que sucede á imagem que a mesma vê no espelho?

P20. Um espelho plano fornece uma imagem de um objeto situado a uma distância de 20 cm do espelho. Deslocando-se o espelho de 30 cm numa direção normal ao seu próprio plano, que distância separará a antiga imagem e a nova imagem?

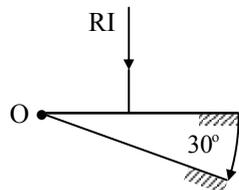
Rotação de um espelho



Se um espelho plano sofre uma rotação de um ângulo α o raio refletido sofre uma rotação $\beta = 2 \cdot \alpha$

TESTES DE SALA:

T21. Um raio de luz RI incide num espelho plano que está na posição E_1 . Gira-se o espelho de um ângulo igual a 30° em torno de um eixo pertencente ao plano do espelho. O espelho passa a ocupar a posição E_2 .



- a) Determine o ângulo que o raio refletido girou.
- b) Refaça a figura e represente os raios refletidos RR_1 e RR_2 relativos aos espelhos E_1 e E_2 .

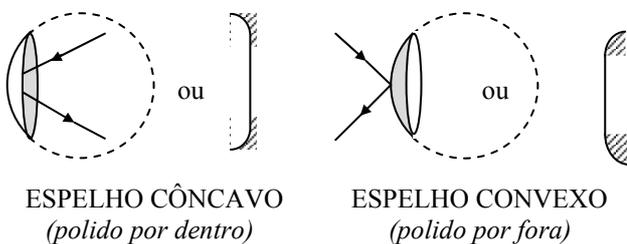
EXERCÍCIO PROPOSTO:

P21. Quando um espelho plano gira de 10° em torno de um eixo situado em seu plano, a direção do raio gira de:

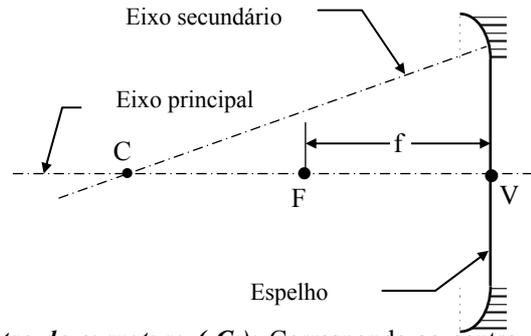
- a) 5° c) 15°
- b) 10° d) 18° e) 20°

Espelhos esféricos

São calotas esféricas polidas por dentro ou por fora. No primeiro caso temos os espelhos côncavos; no segundo, espelhos convexos.



Elementos geométricos dos espelhos esféricos



Centro de curvatura (C): Corresponde ao centro da esfera à qual a calota pertence.

Raio de curvatura (R): É o raio da esfera da calota.

Vértice do espelho (V): É o ponto que corresponde ao centro da calota.

Eixo principal: É a reta que passa pelo centro de curvatura do espelho e por seu vértice.

Eixo secundário: É qualquer reta que passa pelo centro de curvatura do espelho.

Foco do espelho (F): É o ponto médio entre o centro de curvatura e o vértice do espelho.

Distância focal (f): É a distância do foco até o vértice do espelho. É a metade do raio de curvatura.

Condições de nitidez de Gauss

A imagem de um objeto, formada por um espelho esférico, não é nítida, pois a cada ponto objeto corresponde vários pontos imagens. Dentro de determinadas condições, os espelhos esféricos fornecem imagens cuja falta de nitidez não é percebida pelo olho humano. Estas condições, chamadas condições de Gauss, são:

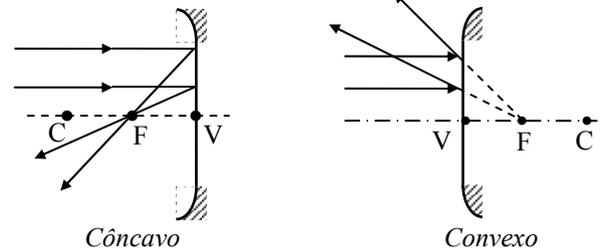
- O espelho deve ter um ângulo de abertura pequeno ($\alpha < 10^\circ$).
- Os raios incidentes devem ser próximos ao eixo principal.
- Os raios incidentes devem ser pouco inclinado em relação ao eixo principal.

Focos nos espelhos esféricos

a) **Espelho côncavo:** No espelho côncavo, o foco é real, formado pelos próprios raios refletidos.

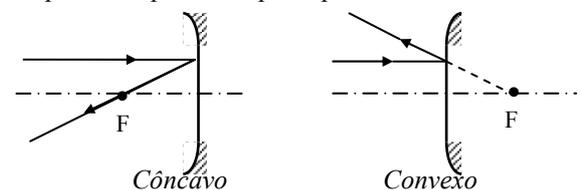
b) **Espelho convexo:** No espelho convexo, o foco é virtual, formado pelo prolongamento dos raios refletidos.

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

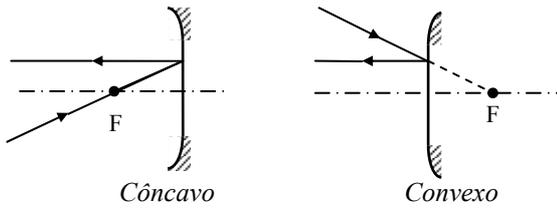


Raios particulares nos espelhos esféricos

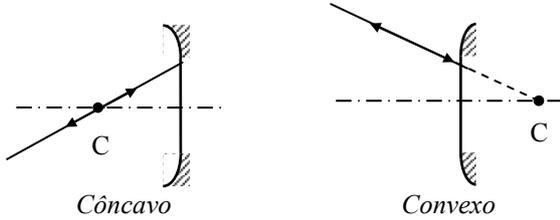
a) Todo raio que incidir paralelamente ao eixo principal se reflete passando pelo foco principal.



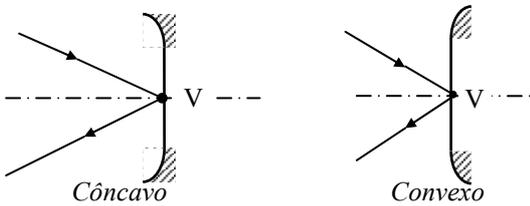
b) Todo raio de luz que incide passando pelo foco principal, reflete-se paralelamente ao eixo principal.



c) Todo raio que incidir passando pelo centro de curvatura, reflete-se sobre si mesmo.

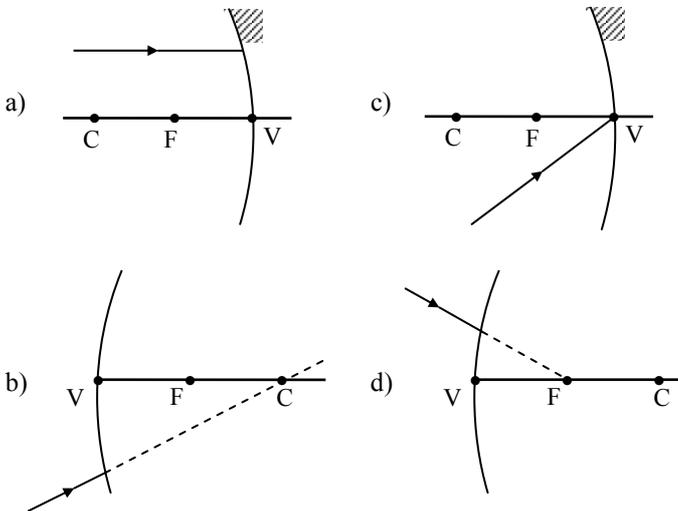


d) Todo raio que incidir no vértice do espelho, reflete-se simetricamente em relação ao eixo principal.



TESTES DE SALA:

T22. Nos esquemas, V é o vértice, F é o foco e C é o centro de curvatura. Complete-os desenhando o raio refletido correspondente.



T23. Um tema de grande atualidade em vista da escassez do petróleo, é o aproveitamento da energia solar. Várias experiências são realizadas em todo mundo inclusive no Brasil, visando à concentração dessa energia. Essa concentração poderia ser realizada com o auxílio de:

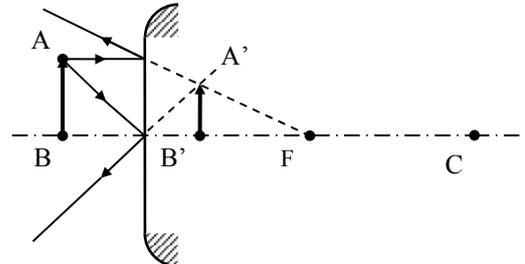
- a) espelhos planos.
- b) espelhos côncavos.
- c) espelhos convexos.
- d) espelhos esféricos, não importando se côncavo ou convexo.

Construções geométricas das imagens nos espelhos esféricos

Para determinação geométrica das imagens, basta utilizar dois dos raios particulares apresentados.

Quando o objeto e a imagem pertencem ao mesmo semiplano (acima ou abaixo) do eixo principal, diz-se que a imagem é *direita* em relação ao objeto. Caso contrário, diz-se que é *invertida* em relação ao objeto.

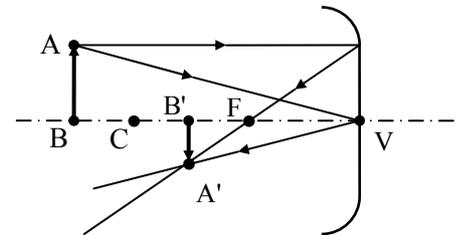
ESPELHO CONVEXO – fornece imagem virtual (prolongamento de raios), direita, menor que o objeto.



ESPELHO CÔNCAVO – Fornece vários tipos de imagens, a depender da posição que se coloca o objeto:

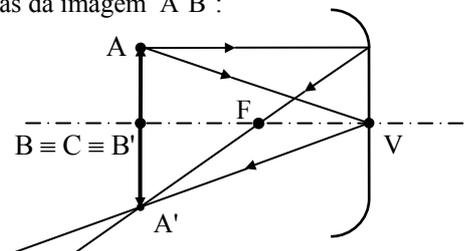
- **Objeto extenso além do centro de curvatura:**

Características da imagem A'B':
 Real
 Invertida
 Menor



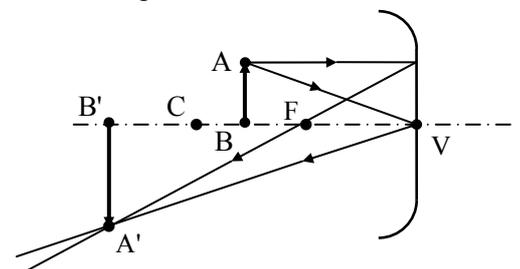
- **Objeto extenso sobre o centro de curvatura:**

Características da imagem A'B':
 Real
 Invertida
 Igual



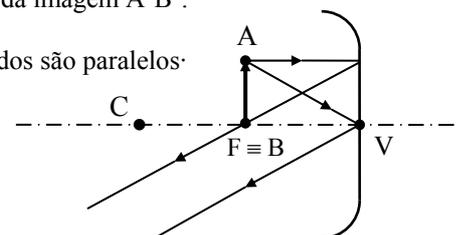
- * **Objeto extenso entre o centro de curvatura e o foco:**

Características da imagem A'B':
 Real
 Invertida
 Maior



- **Objeto extenso sobre o foco principal:**

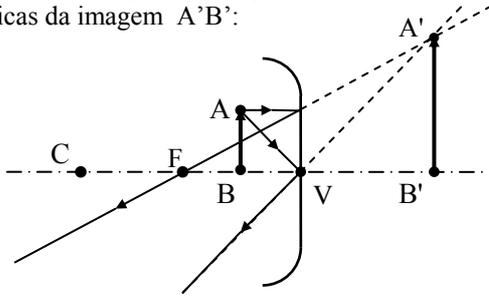
Características da imagem A'B':
 Imprópria
 Os raios refletidos são paralelos:



• **Objeto extenso entre o foco principal e o vértice:**

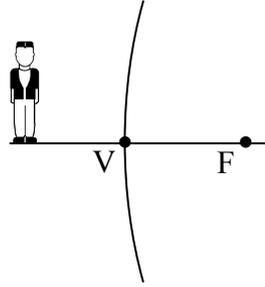
Características da imagem $A'B'$:

- Virtual
- Direita
- Maior



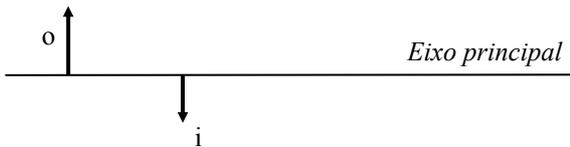
TESTES DE SALA:

T24. Encontre graficamente a imagem do boneco através do espelho, ambos representados em escala na figura ao lado. Sendo F o foco do espelho, a imagem do boneco é:



- a) Real à esquerda do boneco
- b) Virtual à direita do foco
- c) Imprópria (no infinito).
- d) Real à direita do boneco
- e) Virtual à esquerda do foco.

T25. O esquema representa o objeto real e sua correspondente imagem fornecida por um espelho esférico. Graficamente, determine a posição do espelho, indicando o seu vértice.



T26. Construa graficamente a imagem do objeto \overline{MN} , representado nos esquemas seguintes, classificando-a em real ou virtual, direita ou invertida e em maior, menor ou do mesmo tamanho do objeto.

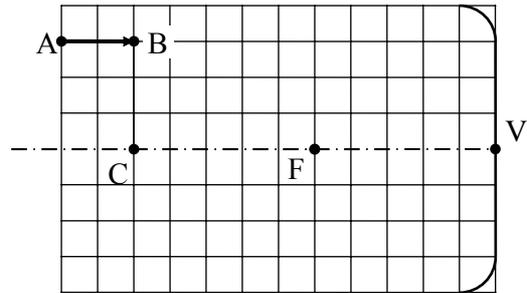
<p>a)</p>	<p>d)</p>
<p>b)</p>	<p>e)</p>
<p>c)</p>	<p>f)</p>

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

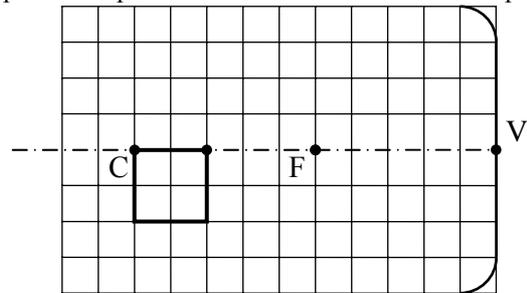
P22. Construa e dê as características da imagem do objeto AB das figuras:

<p>a)</p>	<p>b)</p>
-----------	-----------

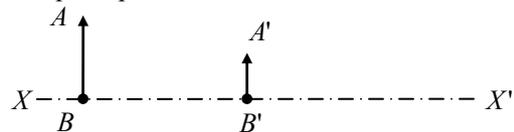
P23. Construa a imagem do objeto AB da figura:



P24. Construa a imagem do quadrado ABCD indicado na figura. O ponto C representa o centro de curvatura do espelho:



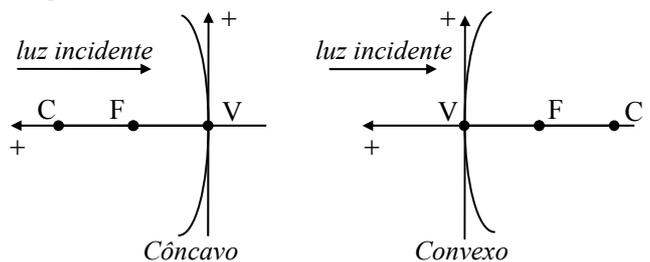
P25. No esquema, AB é um objeto real e $A'B'$ é sua imagem fornecida por um espelho esférico de eixo principal XX' . Determine graficamente a posição do espelho, o centro de curvatura e o foco principal.



Estudo analítico

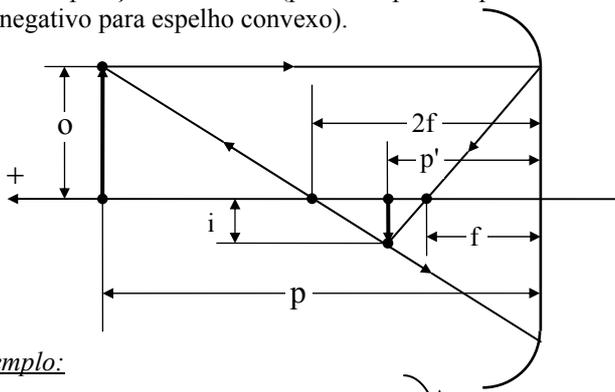
Dada a posição e a altura de um objeto real relativamente a um espelho esférico, a posição e a altura da imagem podem ser determinadas analiticamente. Para isto, adotaremos o seguinte sistema de coordenadas:

- **origem:** vértice do espelho
- **eixo das abscissas:** direção do eixo principal e sentido contrário ao da luz incidente.
- **eixo das ordenadas:** direção da perpendicular ao eixo principal e sentido ascendente

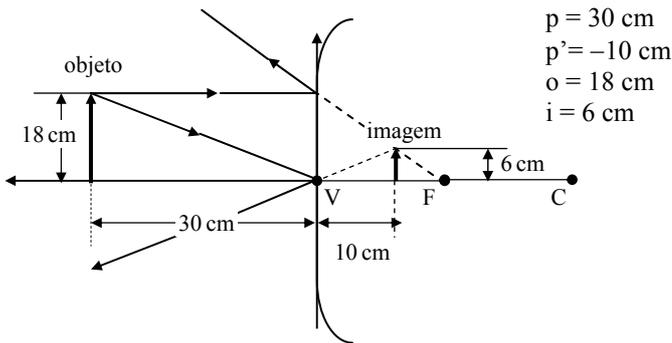
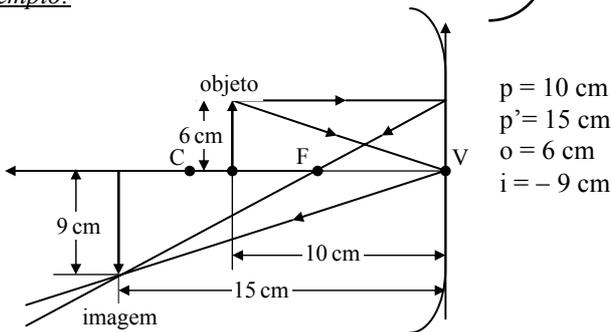


Para representar as posições dos pontos, utilizamos as seguintes letras:

- $p \rightarrow$ posição do objeto no eixo das abscissas (positivo para objeto real e negativo para objeto virtual);
- $p' \rightarrow$ posição da imagem no eixo das abscissas (positivo para imagem real e negativo para imagem virtual);
- $f \rightarrow$ posição do foco (positivo para espelho côncavo, negativo para espelho convexo).



Exemplo:



Equação de Gauss

É a equação que relaciona a abscissa do objeto (p), a abscissa da imagem (p') e a distância focal (f).

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

Características do objeto	Características da imagem
$p > 0 \rightarrow$ real	$p' > 0 \rightarrow$ real
$p < 0 \rightarrow$ virtual	$p' < 0 \rightarrow$ virtual

obs.:

Espelho côncavo	Espelho convexo
$f > 0 \rightarrow$ foco real	$f < 0 \rightarrow$ foco virtual

Equação de aumento linear transversal (A)

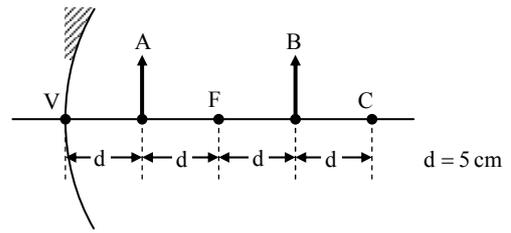
É a equação que relaciona o tamanho do objeto (o) e o tamanho da imagem (i) com suas respectivas abscissas (p e p').

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

- $A > 0 \rightarrow$ i e o têm o mesmo sinal (imagem direita)
- $A < 0 \rightarrow$ i e o têm sinais contrários (imagem invertida)

TESTES DE SALA:

T27. (U. Mackenzie-SP) Em frente a um espelho côncavo, de centro de curvatura C e foco principal F, são colocados dois objetos, A e B, conforme ilustra a figura abaixo. Calcule a distância entre as respectivas imagens conjugadas de A e de B.



T28. (CEFET-PR) Um objeto de 2 cm está a 20 cm de um espelho côncavo que fornece uma imagem real três vezes maior que o objeto. Calcule:

- Distância da imagem ao espelho.
- A distância focal do espelho.
- O tamanho da imagem.

T29. (UF-GO) Um espelho côncavo, cujo raio de curvatura mede 20 cm, fornece uma imagem de um objeto colocado entre o centro de curvatura e o foco principal. Se afastarmos o objeto de 5 cm do espelho, sua imagem se formará a 20 cm do vértice. Determine a distância primitiva do objeto ao espelho.

T30. (UF-ES) Utiliza-se um espelho côncavo para projetar sobre a parede a imagem de uma lâmpada, aumentada cinco vezes. A lâmpada está distante 1,20 m da parede. Determine:

- O raio de curvatura do espelho;
- A posição da lâmpada em relação ao espelho.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P26. Num anteparo a 30 cm de um espelho esférico, forma-se a imagem nítida de um objeto real situado a 10 cm do espelho. Determine:

- a natureza do espelho
- a distância focal e o raio de curvatura do espelho

P27. Um espelho esférico conjuga, de um objeto situado a 30 cm dele, uma imagem direita e três vezes menor que o objeto. Determine o tipo de espelho e sua distância focal.

P28. A distancia entre um objeto e a imagem que um espelho esférico lhe conjuga mede 30 cm; sendo ambos reais com o objeto apresentando altura quatro vezes superior à da imagem, determine o raio de curvatura do espelho.

P29. Um objeto real, que está a 50 cm de um espelho esférico, conjuga uma imagem real a 30 cm do espelho. Determine:

- a distância focal do espelho;
- a natureza do espelho.

P30. Um observador estando a 20 cm de distância de um espelho esférico, vê sua imagem direita e ampliada três vezes. Determine:

- a) o tipo de espelho;
- b) sua distância focal.

P31. Uma superfície esférica é espelhada em ambos os lados, podendo, portanto, comportar-se como um espelho côncavo ou convexo. Ao afastar-se de um objeto real, inicialmente muito próximo à face côncava, percebe-se que a imagem conjugada pelo espelho “desaparece” quando o objeto encontra-se a 15 cm da superfície esférica. Responda:

- a) Qual o valor do raio de curvatura da superfície esférica?
- b) Estando o objeto defronte da superfície convexa e distante 10 cm da mesma, qual será o aumento linear da imagem conjugada?

P32. Um objeto luminoso de 10 cm de altura encontra-se a 20 cm de um espelho côncavo de raio de curvatura 60 cm.

- a) Qual a posição da imagem?
- b) Qual a altura da imagem?
- c) Qual o aumento linear?

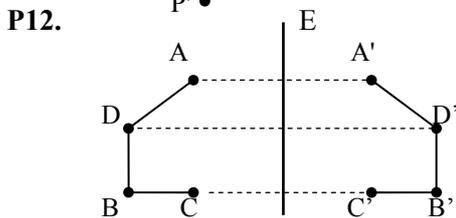
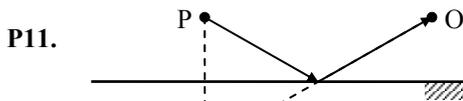
P33. Um objeto de 6 cm de altura está localizado à distância de 30 cm de um espelho esférico convexo, de 40 cm de raio. Determine a posição e a altura da imagem.

P34. Um objeto real, frontal, tem sua imagem projetada num anteparo e ampliada 2 vezes. Na projeção, foi utilizado um espelho esférico de raio 40 cm. Determine:

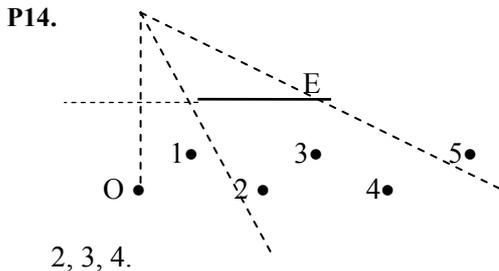
- a) o tipo de espelho utilizado;
- b) o seu raio de curvatura.

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

- P01.** Preta
- P02.** Porque só reflete difusamente a cor verde.
Preto
- P03.** Azul
- P04.** $h = 7,5\text{m}$
- P05.** $d = 8\text{m}$ **P06.** $h = 50\text{m}$ **P07.** $R = 35\text{ cm}$
- P08.** $D = 144\text{m}$
- P09.** $h = 2\sqrt{3}$
- P10.** $X = 6\text{m}$



P13. $t = 1\text{h e } 50\text{ min}$



2, 3, 4.

P15. Só A

P18. 30°

P20. $d = 60\text{ cm}$

P22. a)

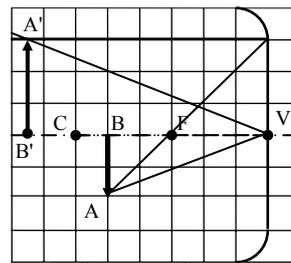
P16. 5 imagens

P17. 10°

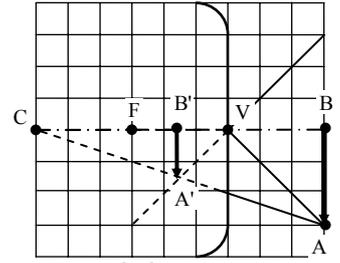
P19. Afasta-se de uma distância $2d$

P21. e) 20°

b)

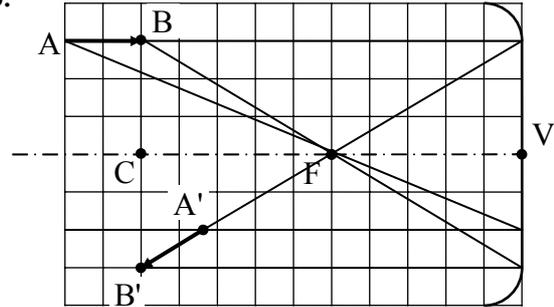


Real, invertida e maior

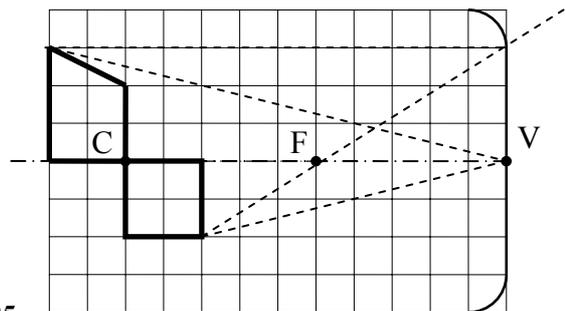


Virtual, direita e menor

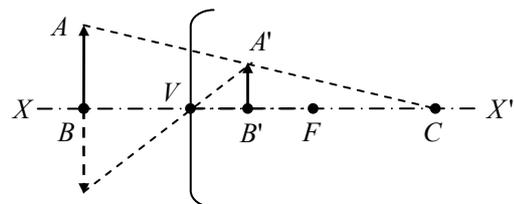
P23.



P24.



P25.



P26. a) Côncavo (objeto e imagem reais)

b) $f = 7,5\text{ cm}$ e $R = 15\text{ cm}$

P27. Convexo (imagem direita e menor), $f = -15\text{ cm}$

P28. $R = 16\text{ cm}$

P29. a) $f = 18,75\text{ cm}$ b) Côncavo (objeto e imagem reais)

P30. a) Côncavo (imagem direita e maior) b) $f = 30\text{ cm}$

P31. a) $R = 30\text{ cm}$ b) $A = +0,6$

P32. a) -60 cm b) 30 cm c) $A = 3$

P33. $p' = -12\text{ cm}$ $i = 2,4\text{ cm}$

P34. a) Côncavo b) 60 cm

Elaborado e editado pelo professor

Adriano Lucciola do Valle

adrianodovalle@yahoo.com.br