



ESPELHOS ESFÉRICOS

Os espelhos esféricos são classificados em **côncavo** e **convexo**. A principal diferença entre eles é o tipo de imagem que formam: os espelhos côncavos fornecem uma imagem ampliada do objeto, sendo muito úteis para dentistas; os espelhos convexos fornecem uma imagem reduzida, para ampliar o campo de visão, como é o caso de espelhos retrovisores de automóveis e aqueles colocados no interior dos estabelecimentos comerciais.



Espelho côncavo

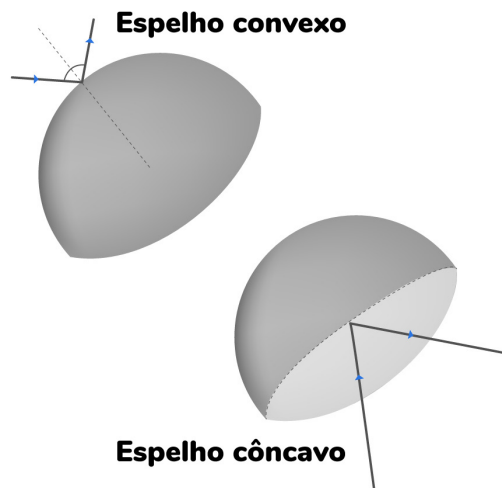
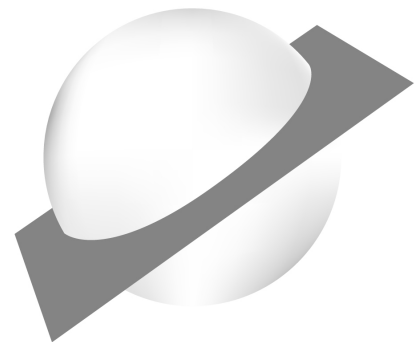


Espelho convexo

Mas, em essência, o que difere um espelho côncavo de um espelho convexo?

Quando um plano corta uma superfície esférica, ela se divide em duas partes, denominadas calotas esféricas.

Quando a superfície refletora é interna, o espelho é denominado côncavo. Quando a superfície refletora é externa, o espelho é convexo.

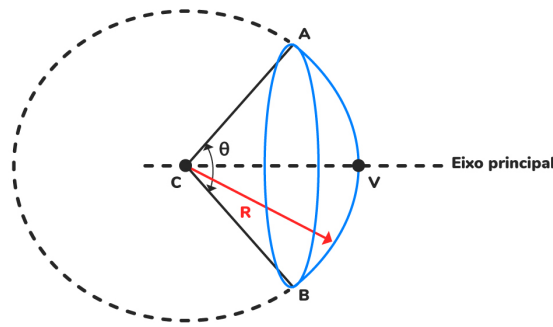


Espelho convexo

Espelho côncavo



Os elementos geométricos que caracterizam um espelho esférico são:



- ▶ **Centro de curvatura do espelho (C):** é o centro da superfície esférica à qual a calota pertence.
- ▶ **Raio de curvatura do espelho (R):** é o raio da superfície esférica à qual a calota pertence.
- ▶ **Vértice do espelho (V):** é o polo (ponto mais externo) da calota esférica.
- ▶ **Eixo principal do espelho:** é a reta definida pelo centro de curvatura e pelo vértice.
- ▶ **Eixo secundário do espelho:** é qualquer reta que passa pelo centro de curvatura, mas não pelo vértice.
- ▶ **Ângulo de abertura:** ângulo formado pelos dois eixos secundários que cruzam os dois pontos mais externos da calota esférica.
- ▶ **Plano frontal:** é qualquer plano perpendicular ao eixo principal.
- ▶ **Plano meridiano:** é qualquer plano que contém o eixo principal.

IMAGENS EM ESPELHOS ESFÉRICOS

Para estudarmos as imagens formadas por espelhos esféricos, recorreremos às condições de Carl Friedrich Gauss, um matemático, astrônomo e físico alemão:

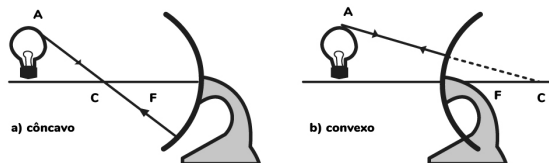
- ▶ O ângulo de abertura deve ser pequeno, no máximo 10° .
- ▶ Os raios de luz incidentes devem estar próximos do eixo principal e pouco inclinados em relação a ele.

A posição e o tamanho das imagens formadas pelos espelhos esféricos também podem ser determinados geometricamente (como nos espelhos planos) pelo comportamento dos raios de luz que partem do objeto e são refletidos após incidirem sobre o espelho. Confira algumas propriedades de tipos muito úteis de raios (chamados de raios notáveis):

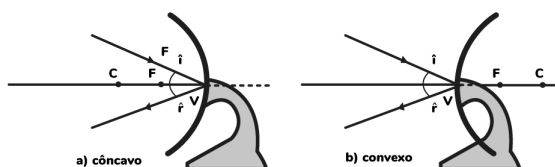
- ▶ Os raios de luz que incidem no espelho passando pelo seu centro de curvatura (C) refletem-se sobre si mesmos, pois possuem incidência normal (perpendicular) à superfície. No caso de espelhos convexos, consideramos o **prolongamento** dos



raios: uma reta hipotética que possui a direção do raio e passaria pelo centro de curvatura.

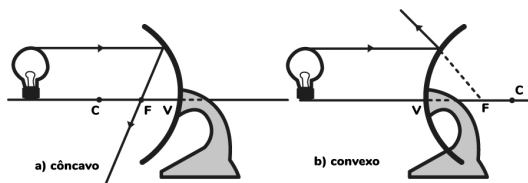


► Quando os raios de luz incidem no vértice (V) do espelho, são refletidos simetricamente em relação ao seu eixo principal ($\hat{i} = \hat{r}$).



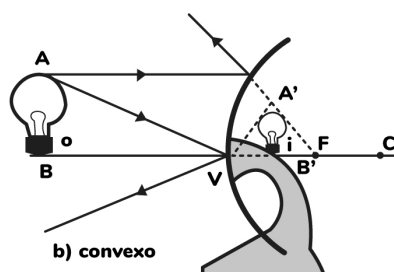
► Nos espelhos côncavos, os raios de luz que incidem paralelamente e próximos ao eixo principal são refletidos passando por uma região sobre o eixo denominada **foco (F)**.

► Nos espelhos convexos, os raios são desviados, afastando-se do eixo principal, de modo que a posição de seu foco é obtida pelo prolongamento desses raios.



IMAGENS NOS ESPELHOS CONVEXOS

No caso dos espelhos convexos, a posição e o tamanho da imagem ficam determinados pelo cruzamento do prolongamento dos raios refletidos, já que esses raios não se cruzam efetivamente.

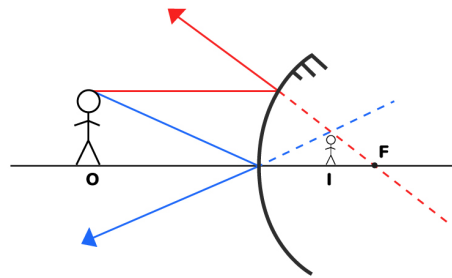


As características da imagem obtida através dos espelhos convexos são sempre:

- Virtual (que não pode ser projetada);
- Direita;



- ▶ Menor em relação ao objeto, independentemente da posição do objeto.

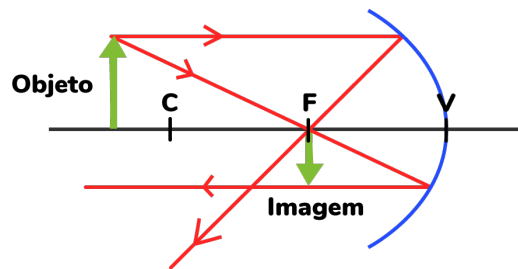


IMAGENS NOS ESPELHOS CÔNCAVOS

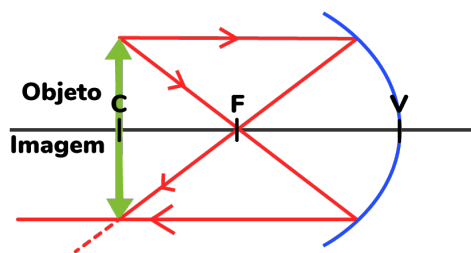
Nos espelhos côncavos, entretanto, as imagens formadas possuem características distintas, dependendo da posição do objeto em relação ao espelho.

Existem 5 tipos de imagens:

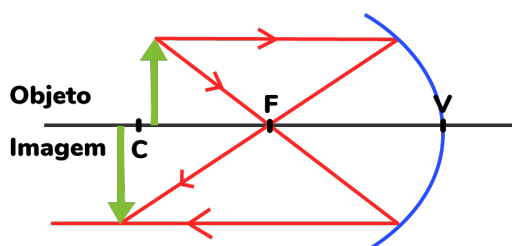
1. **Objeto real antes do centro de curvatura:** a imagem formada é real, invertida e menor que o objeto.



2. **Objeto real no centro de curvatura:** a imagem formada é real, invertida e do mesmo tamanho do objeto

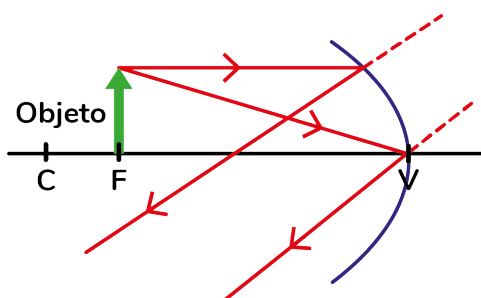


3. **Objeto real entre o centro de curvatura e o foco:** a imagem formada é real, invertida e maior que o objeto.



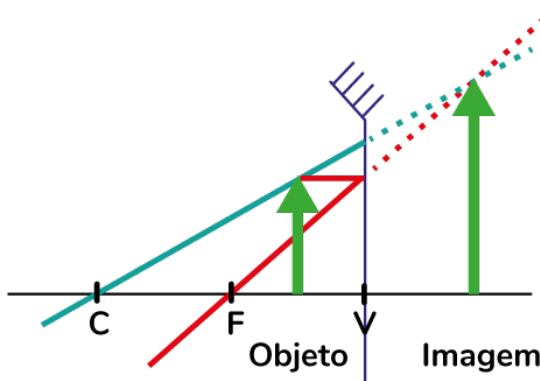


4. **Objeto real no foco:** a imagem é imprópria, ou seja, localizada no infinito.



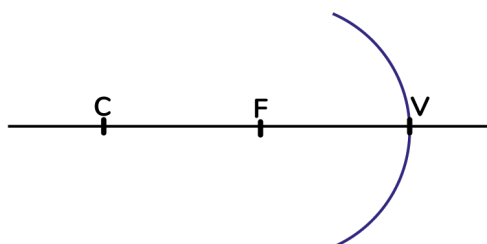
Os raios refletidos nunca chegam a se cruzar.

5. **Objeto real entre o foco e o vértice:** a imagem é virtual (“atrás do espelho”), direita e maior do que o objeto.



EQUAÇÕES DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

Para tratar matematicamente dos espelhos esféricos, contaremos com o auxílio do **referencial de Gauss**. Ao tratar de um espelho esférico, utilizaremos dois eixos: o eixo das ordenadas (representado pelo próprio espelho) e o eixo das abscissas (representado pelo eixo principal).

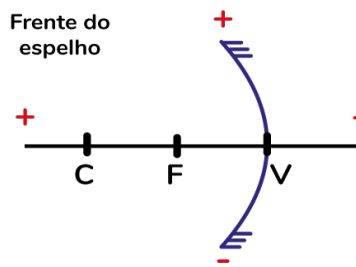


É importante estabelecermos convenções quanto aos sinais em cada um dos eixos, de acordo com suas partes. No eixo das abscissas, a parte superior do espelho é positiva e a parte inferior é negativa, seja o espelho côncavo ou convexo. Para o eixo das ordenadas, entretanto, estabelecer esses sinais é algo um pouco mais elaborado, que depende do tipo de espelho com que estamos lidando.

Em uma representação gráfica, os tracinhos nas bordas de um espelho indicam o seu lado não-refletor. Isso nos permite identificar o espelho como côncavo ou convexo.

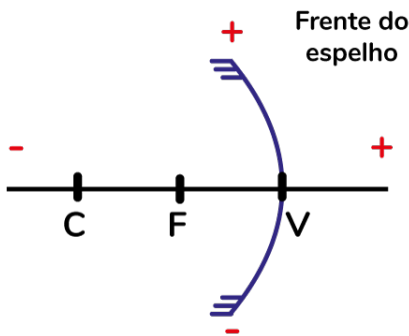


Vamos analisar, primeiramente, um espelho côncavo:



À esquerda, vemos a parte “real”, a frente do espelho, onde localizaremos a parte positiva do eixo principal. A parte “virtual” é, portanto, convencionada como a parte negativa do eixo. É importante enfatizar que o espelho côncavo da imagem acima apresenta suas coordenadas positivas à esquerda porque a sua frente está voltada para a esquerda. Caso estivesse voltada para a direita, suas coordenadas positivas estariam à direita. A situação geral é a de que **o lado real é positivo e o lado virtual é negativo**.

A situação é semelhante para um espelho convexo:



A parte da frente do espelho (nosso lado “real”) apresenta as coordenadas positivas do eixo principal. A parte “virtual” (indicada pelos tracinhos nas bordas do espelho) corresponde às coordenadas negativas.

Tendo estabelecidas as convenções do referencial de Gauss, podemos começar a nossa abordagem matemática dos espelhos esféricos.

Sejam os seguintes elementos:

- ▶ **o** - altura do objeto;
- ▶ **i** - altura da imagem;
- ▶ **d_o (ou p)** - distância do objeto ao vértice;
- ▶ **d_i (ou p')** - distância da imagem ao vértice;
- ▶ **f** - distância focal ($f = R/2$).



A relação entre o tamanho da imagem **i** e o tamanho do objeto **o** é denominada aumento (ou ampliação) **A** fornecido pelo espelho:

$$A = \frac{i}{o} \text{ ou } \frac{i}{o} = - \frac{d_i}{d_o}$$

Se o aumento for:

- ▶ **Positivo:** **i** e **o** têm o mesmo sinal (imagem direita) e **d_i** e **d_o** têm sinais opostos (o objeto e imagem têm naturezas opostas, ou seja, se um é real, o outro é virtual).
- ▶ **Negativo:** **i** e **o** têm sinais opostos (imagem invertida) e **d_i** e **d_o** têm o mesmo sinal (o objeto e a imagem têm a mesma natureza, ou seja, ambos são reais ou ambos são virtuais).

Na equação do aumento, consideramos sempre o módulo das distâncias envolvidas.

Para determinar a posição da imagem ou do objeto, utiliza-se a seguinte equação:

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

Equação dos pontos conjugados de Gauss

ANOTAÇÕES

Area for taking notes with horizontal lines.