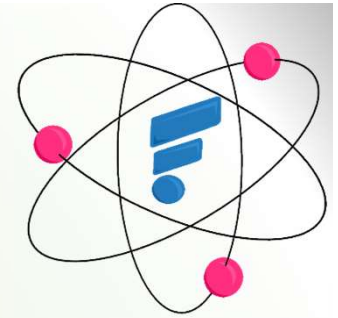


APLICAÇÕES EM FÍSICA



Aula 01:

Grandezas e unidades de medida

Óptica Geométrica (Introdução)

Prof. Diego Aparecido Carvalho Albuquerque

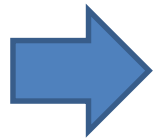
Prof. Germano Gavarrão de Freitas

Prof. Walter M. Nakaema

Grandezas e unidades de medida

O que são grandezas físicas?

Ex: tempo, comprimento, área, volume, ângulo, massa, temperatura, velocidade, energia, intensidade luminosa, corrente elétrica etc...



Podemos medir essas grandezas e atribuir o que chamamos de unidades (de medida)

Tempo: segundos, minutos, horas, dias, semanas, meses, anos, 1 ciclo lunar etc

Comprimento/Distância: milímetro, centímetro, metro, quilômetro, polegada, pé, jarda, **ano-luz**...

Área: mm^2 , cm^2 , m^2 , km^2 , pol^2 ...

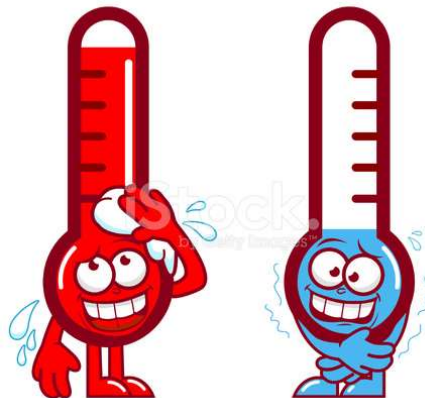
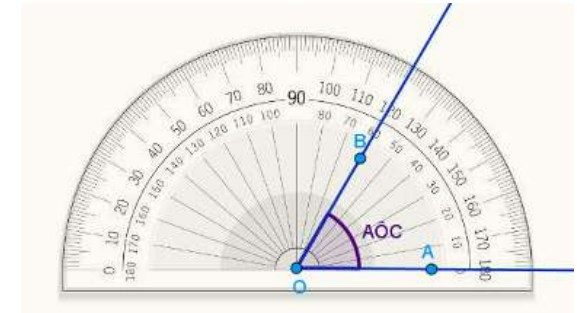
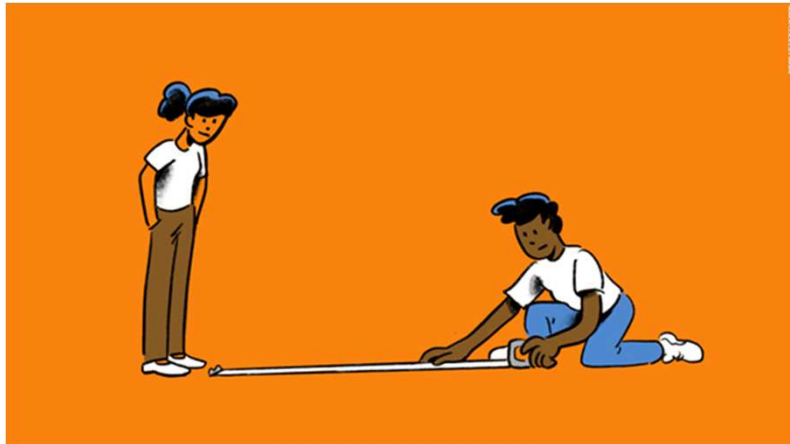
-
-
-

Ângulo: graus, radianos, grados...

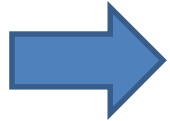
Velocidade: mm/s , cm/min , m/s , km/h ... = composição entre tempo e distância

Grandezas e unidades de medida

Mas afinal, o que é o ato de medir?



Grandezas e unidades de medida



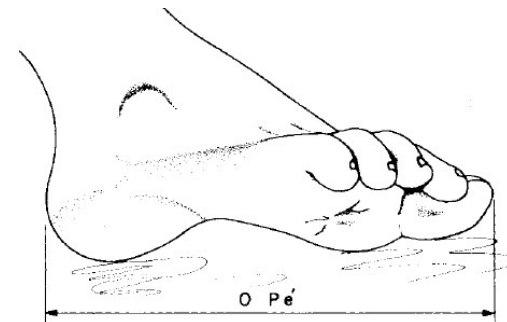
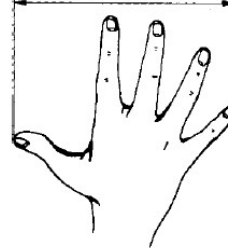
Medir: comparar com um padrão

Mas que padrão adotar? As medidas da parte do corpo de um rei?

A Polegada

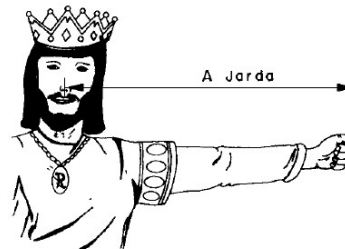


O Palmo



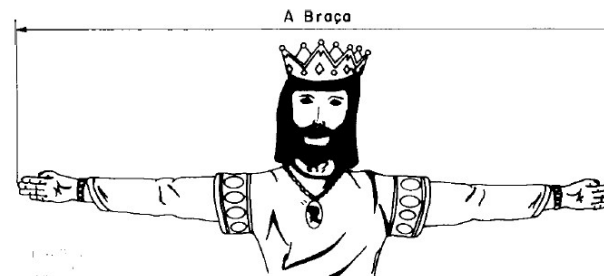
*Curiosidade:

Ainda que não se tenha a origem bem definida, sabemos que o Rei Henrique I, da Inglaterra, no século XII, definiu a unidade jarda como sendo a medida da distância do seu nariz ao seu polegar, quando o braço estava estendido.



Mas e se o rei morrer e vier outro?

Muda o padrão de novo?



Grandezas e unidades de medida

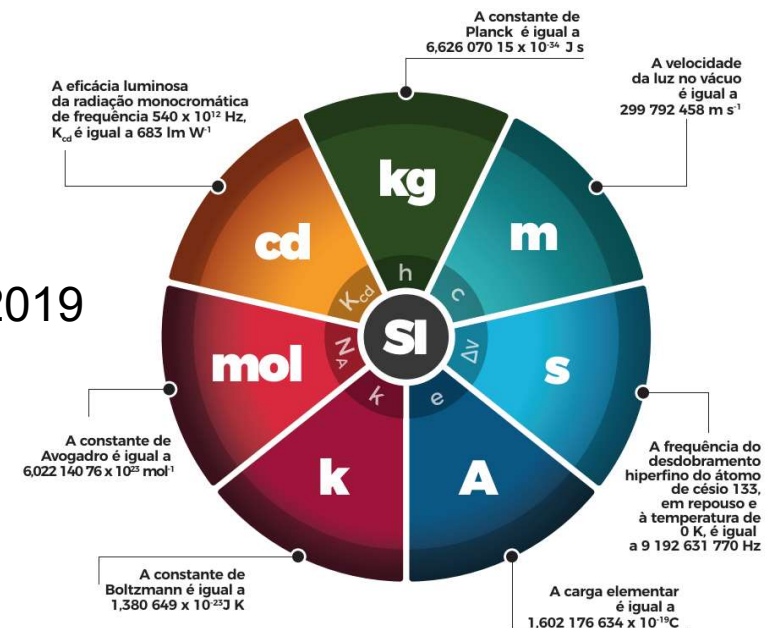
Padronização

França: Bureau International de Pesos e Medidas (BIPM) - 1885



Sistema Internacional de Unidades (SI) - 1960

Novo Sistema Internacional de Unidades (SI) - 2019





Grandezas e unidades de medida

Convertendo unidades

➡ Comprimento

Quilômetro	Hectômetro	Decâmetro	Metro	Decímetro	Centímetro	Milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
0,001km	0,01hm	0,1dam	1m	10dm	100cm	1000mm

Diagram illustrating conversion factors between units of length:

- From km to hm: $\div 1000$
- From hm to dam: $\div 100$
- From dam to m: $\div 10$
- From m to dm: $\times 10$
- From dm to cm: $\times 100$
- From cm to mm: $\times 1000$

Converte:

a) 20 mm em m?

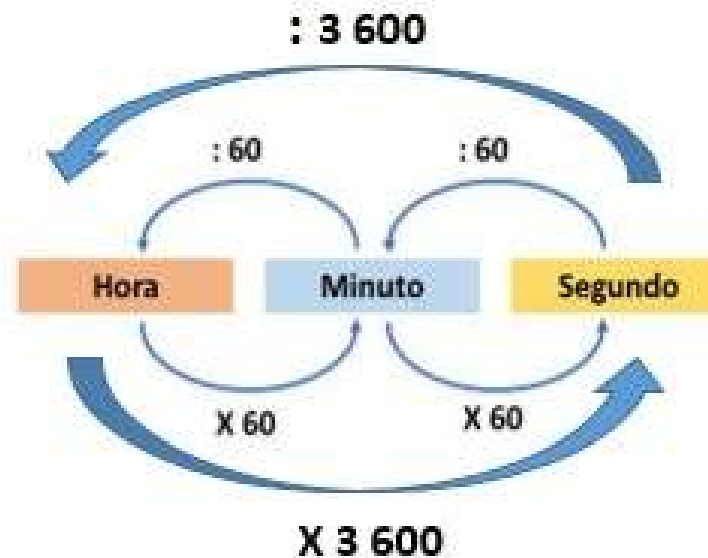
b) 5 km em cm

c) 0,75 cm em mm

Grandezas e unidades de medida

Convertendo unidades

➡ Tempo



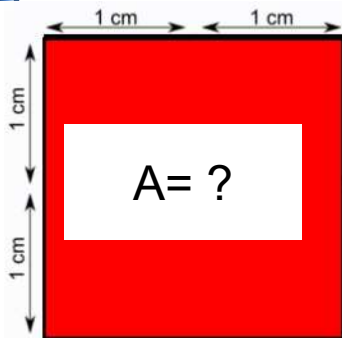
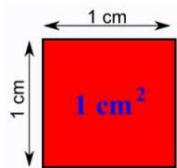
Converte:

- a) 5 min em segundos b) 1800 segundos em horas c) 1 $\frac{1}{2}$ dia em horas

Grandezas e unidades de medida

➔ Área

Convertendo unidades



$\times 1000000$		$\div 10000$				
Quilômetro quadrado	Hectômetro quadrado	Decâmetro quadrado	Metro quadrado	Decímetro quadrado	Centímetro quadrado	Milímetro quadrado
km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
0,000001 km^2	0,0001 hm^2	0,01 dam^2	1 m^2	100 dm^2	10000 cm^2	1000000 mm^2
$\div 1000000$		$\div 100$	$\div 10000$	$\times 100$	$\times 10000$	$\times 1000000$

R: _____ cm^2 = _____ m^2

Converte:

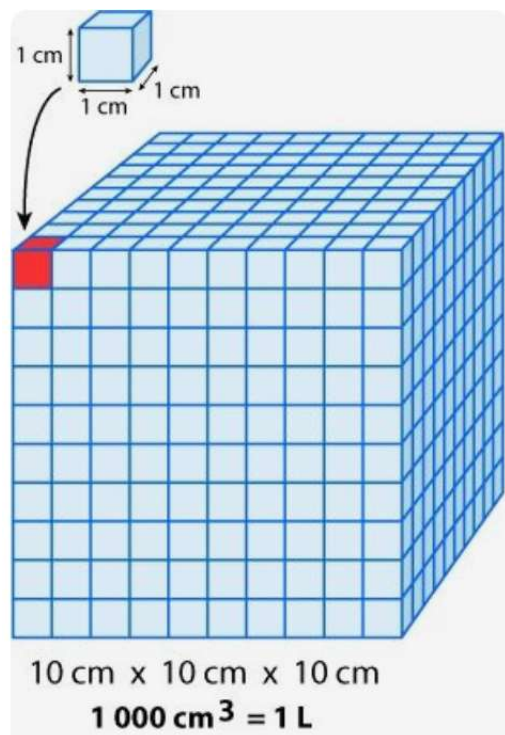
a) 1,2 m^2 em cm^2

b) 200 mm^2 em cm^2

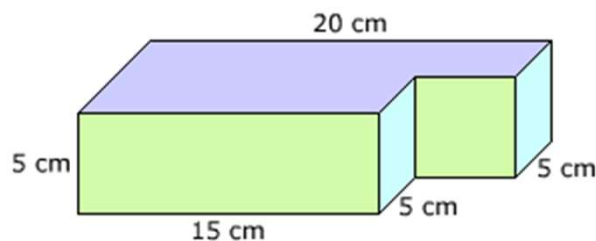
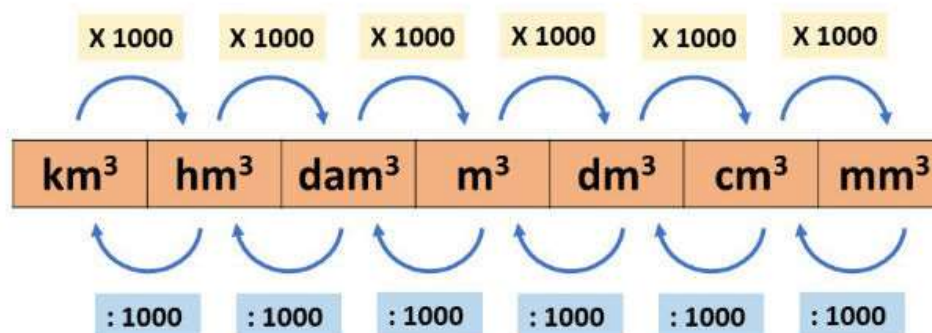
c) 4,25 km^2 em m^2

Grandezas e unidades de medida

➔ Volume



Convertendo unidades



$$V = \underline{\hspace{2cm}}\text{ cm}^3 = \underline{\hspace{2cm}}\text{ mm}^3$$

Converte:

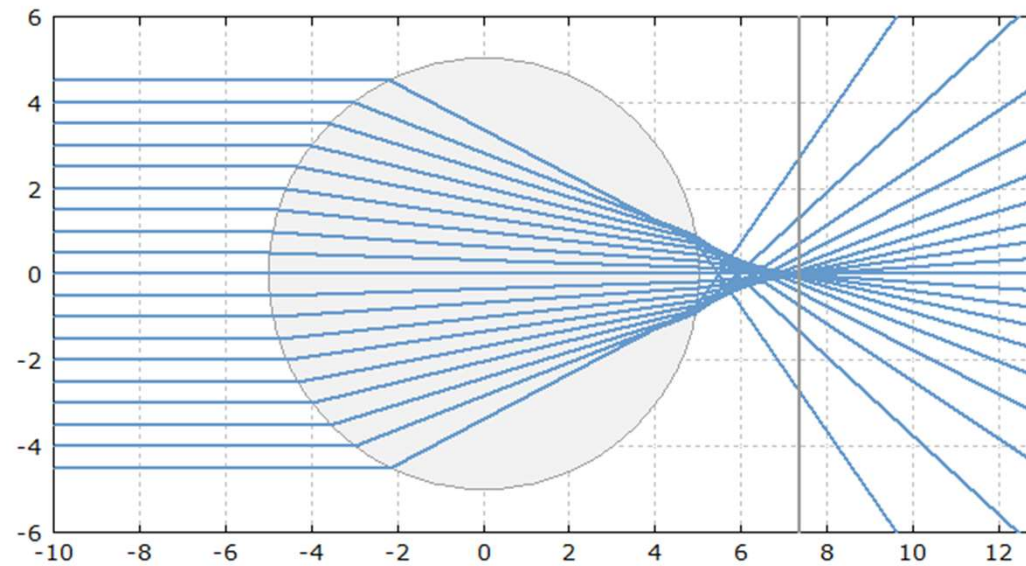
a) 1000 cm^3 em m^3

b) 500 litros em m^3

c) 800 m^3 em cm^3

Ótica Geométrica

Introdução



Óptica: estudo da luz e dos fenômenos luminosos.

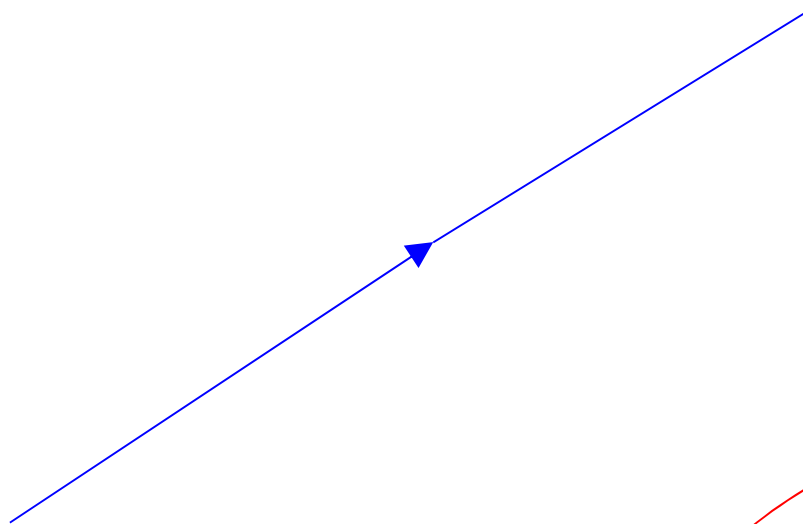
Luz: parcela do espectro de ondas eletromagnéticas que pode sensibilizar nossos olhos. Através dela podemos determinar as cores, os contornos, os movimentos, etc., dos objetos.

A Óptica divide-se em:

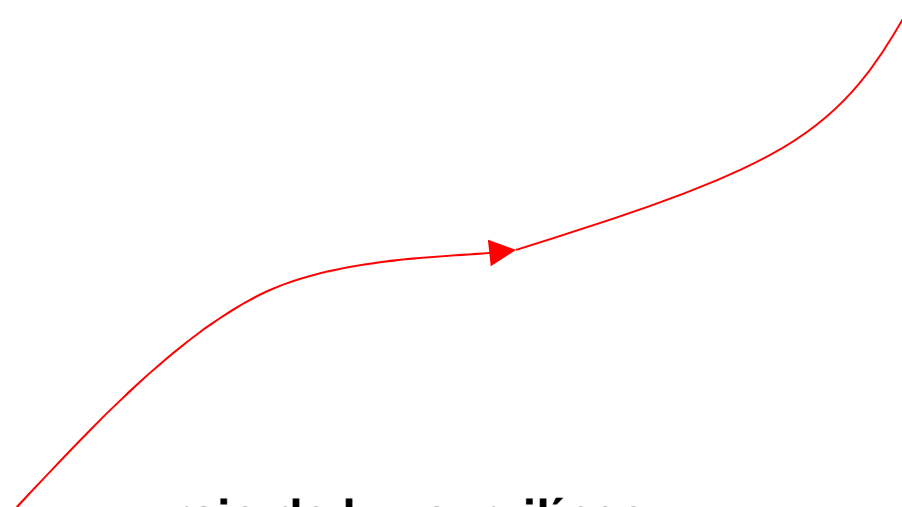
- 1) Óptica Geométrica: estuda os fenômenos luminosos sem levar em conta a natureza e as características da luz, e sem considerar os efeitos dos raios luminosos uns sobre os outros.**
- 2) Óptica Física: estuda os fenômenos luminosos e sua relação com a natureza da luz e os efeitos dos raios luminosos uns sobre os outros.**
- 3) Óptica Fisiológica: estuda o globo ocular e sua interação com a luz, observando seu comportamento e suas deficiências.**
- 4) Fotometria: analisa quantitativamente as fontes de luz.**

- 1) Raio de luz – É toda linha que representa geometricamente a propagação da luz; o sentido da propagação é indicado por uma seta.

Trata-se apenas de um artifício, pois é impossível visualizar a luz em sua propagação.



raio de luz retilíneo



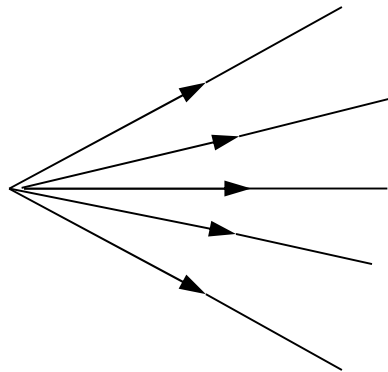
raio de luz curvilíneo

Conceitos

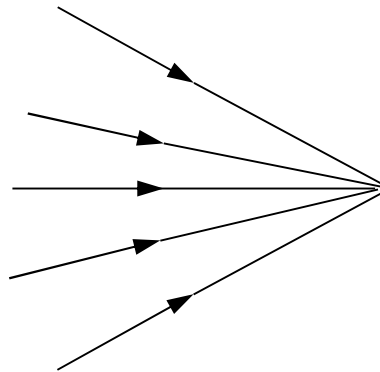
- 2) Pincel de luz – É um conjunto de raios luminosos, de pequena abertura angular, com formas características:

Pincel cônico

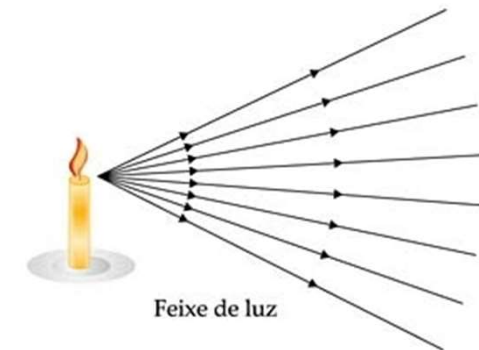
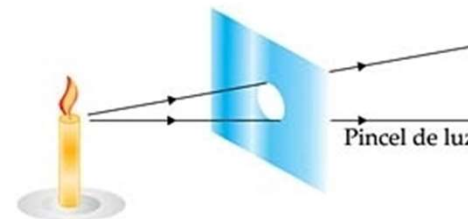
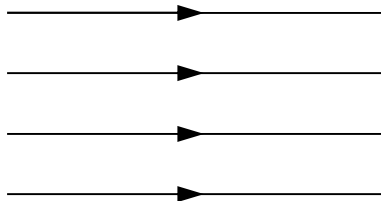
Divergente



Convergente



Pincel cilíndrico



- 3) Feixe de Luz – Conjunto de raios luminosos com abertura maior que o pincel. Isto faz com que a região do espaço por ele atingida seja maior.

4) Fontes de Luz – São corpos a partir dos quais a luz emana. Dividem-se em dois tipos:

- a) Fonte Primária: É aquela que emite luz própria. É também chamado de corpo luminoso. Exs.: Sol, lâmpadas, ferro ou carvão em brasa; o vagalume, etc.**
- b) Fonte Secundária: É aquela que não produz luz própria, limitando-se a re-emitir luz recebida de outras fontes. São também chamadas de corpos iluminados. Exs.: a Lua, um livro, uma pessoa, um automóvel, etc.**

As fontes de luz podem ainda ser divididas em:

- a) Fontes puntiformes: Quando as dimensões da fonte são desprezíveis para o fenômeno em estudo.**
- b) Fontes extensas: Quando não se pode ignorar as dimensões da fonte.**

5) Meios Ópticos – São de três tipos:

a) Meios transparentes: Permitem a propagação da luz e possibilitam a visualização nítida dos objetos através deles. Nesses meios, a luz pode propagar-se em distâncias significativas. Exemplos: o ar, a água (em condições específicas), vidro, etc.

b) Meios translúcidos: Permitem a propagação da luz, mas não possibilitam a visualização nítida através deles. Exs.: o vidro fosco, o papel de seda, o papel manteiga, etc.

c) Meios opacos: Não permitem a propagação da luz. Exs.: metais, madeira, tijolos, etc.

6) Princípios da Óptica Geométrica

Estes princípios são válidos para a propagação da luz em meio homogêneos e isotrópicos.

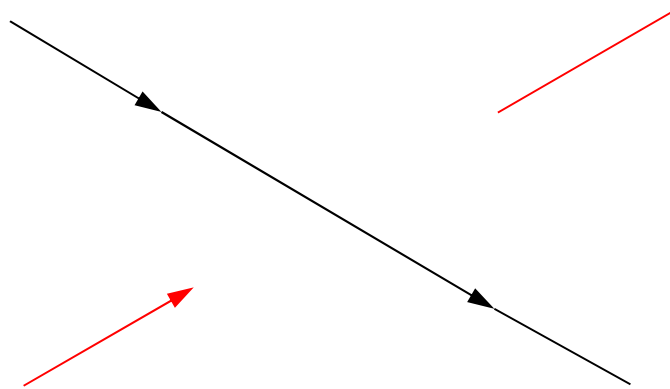
Meios homogêneos são aqueles cuja composição não se modifica na direção de propagação da luz, o que permite a manutenção de uma velocidade constante para a luz nesse meio.

Meios isotrópicos são aqueles nos quais a velocidade de propagação da luz é a mesma em qualquer direção.

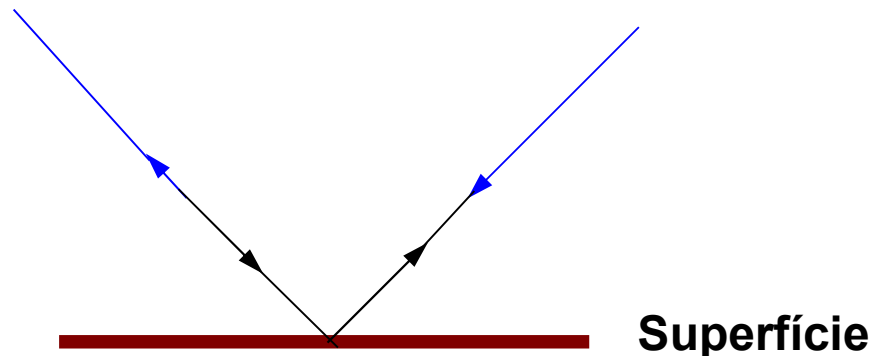
Os princípios são três:

a) Princípio da Propagação Retilínea da Luz: “Nos meios homogêneos e transparentes a luz propaga-se em linha reta.”

b) Princípio da Independência dos Raios Luminosos: “Os raios de luz são independentes uns em relação aos outros.” Se dois deles se interceptarem a trajetória de ambos será conservada.

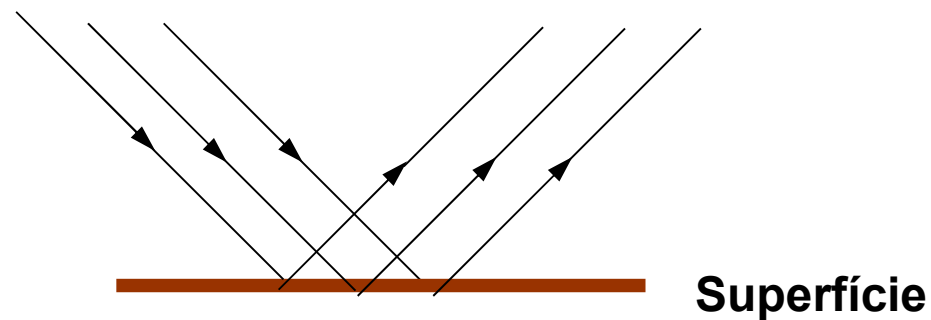


c) Princípio da Reversibilidade: “A trajetória de um raio de luz não se altera quando permutam-se as posições da fonte e do observador.” Da mesma forma, os fenômenos luminosos não se alteram com essa troca.



7) Fenômenos luminosos – Ao atingir uma superfície, a luz pode sofrer:

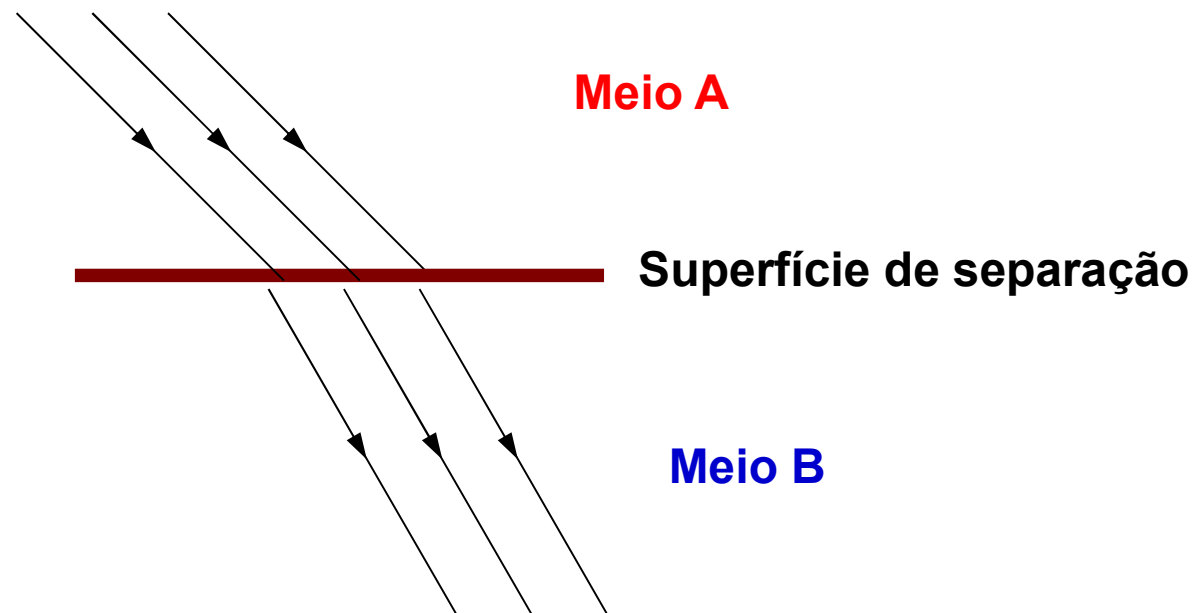
a) Reflexão: Ocorre quando a luz retorna ao meio de onde veio de maneira ordenada. A superfície onde ocorre a reflexão deve ser metálica e polida, tal como os espelhos e algumas superfícies metálicas.



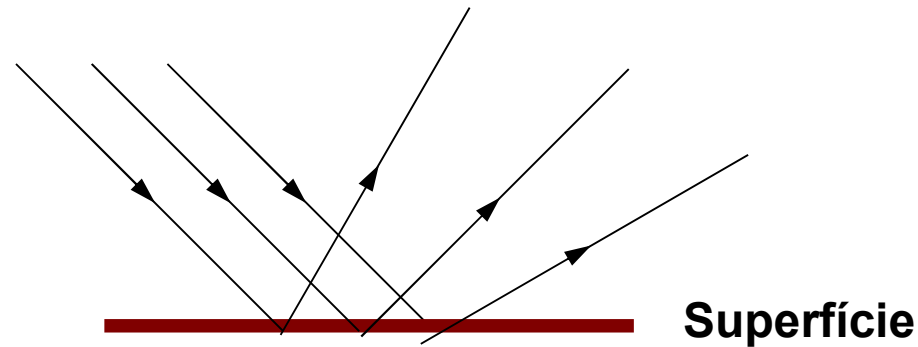
b) **Refração:** É a mudança de velocidade de propagação que a luz sofre ao atravessar uma superfície que separa dois meios ópticos distintos, transparentes ou translúcidos, pois esta velocidade é determinada por características de cada meio.

Essa variação também pode acarretar uma mudança na direção de propagação da luz se o raio de luz incidir obliquamente sobre a superfície.

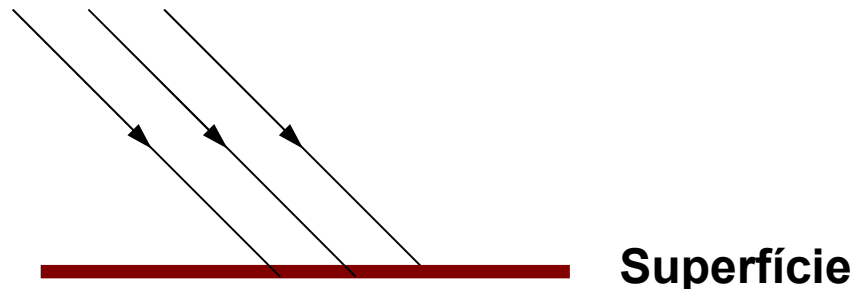
Este fenômeno ocorre, por exemplo, quando a luz atravessa uma superfície de separação entre ar e água.



- c) **Difusão:** Ocorre quando a luz ao atingir a superfície retorna ao meio de onde veio mas de forma desordenada. Tal superfície deve ser branca e rugosa.



- d) **Absorção:** Ocorre quando a luz atinge uma superfície e não retorna ao meio de onde partiu, e nem atravessa a superfície. A superfície que satisfaz essa condição é a negra.

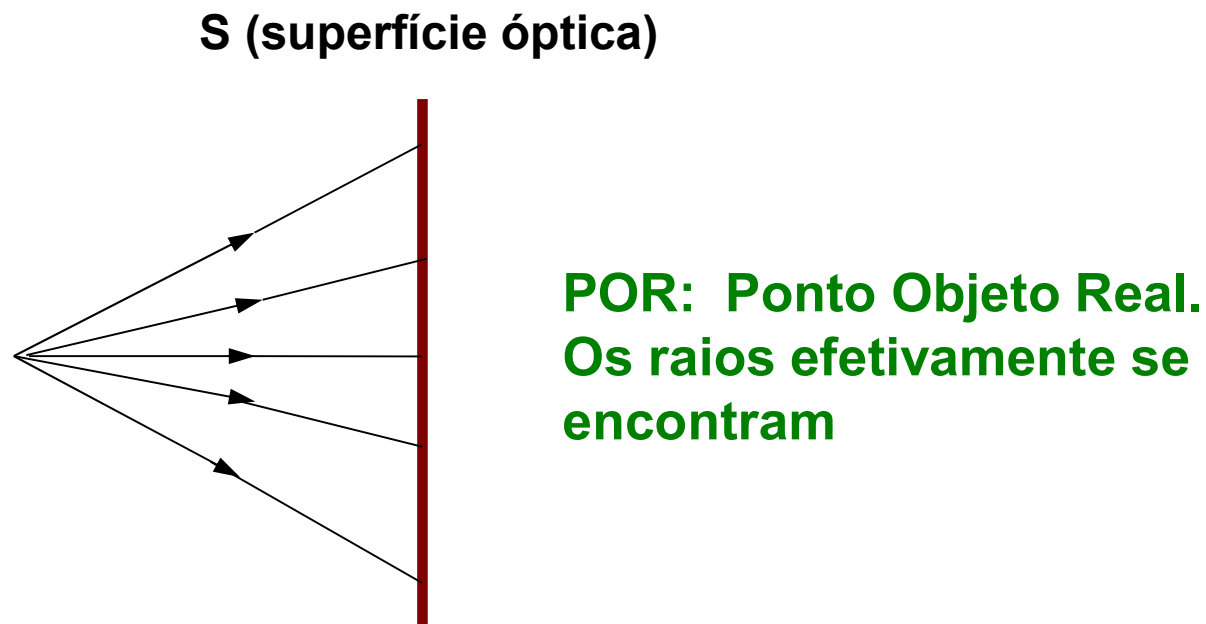


OBS.:

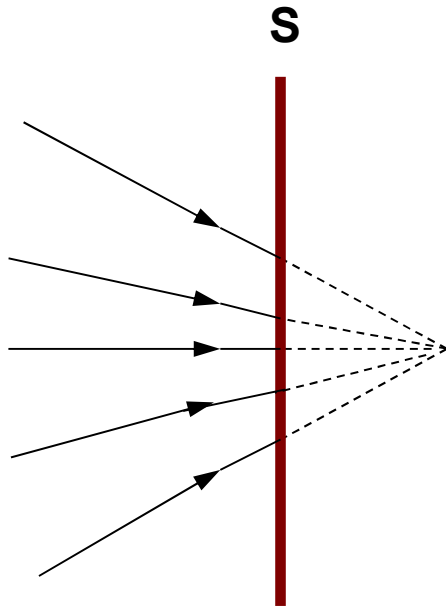
- 1) Estes fenômenos ópticos não ocorrem de forma isolada, há sempre dois ou mais deles envolvidos em qualquer situação. Por exemplo:
 - a) a luz que atinge um espelho não é integralmente refletida, parte dela é absorvida e aparece como um pequeno aumento de temperatura do espelho;
 - b) a luz que atinge uma superfície de separação entre dois meios ópticos transparentes atravessa e sofre refração, mas uma fração dela também é refletida ou difundida, e ainda outra fração é absorvida aquecendo levemente a superfície.
- 2) Na óptica geométrica estuda-se apenas os fenômenos de reflexão e refração.

8) Natureza dos Pontos Ópticos – Com relação a um sistema óptico refletor ou refrator, um ponto pode ser ponto objeto (PO) ou ponto imagem (PI):

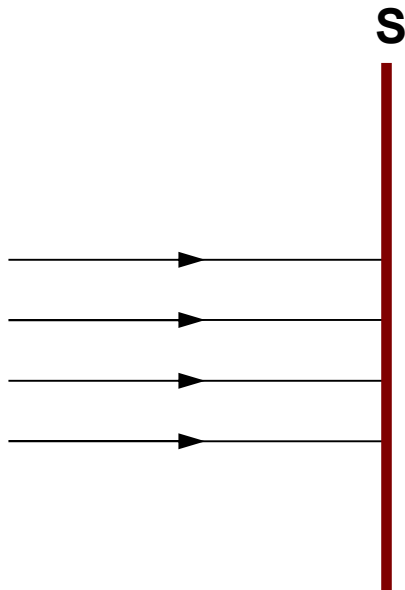
A) Ponto Objeto: Vértice do pincel incidente.



Conceitos

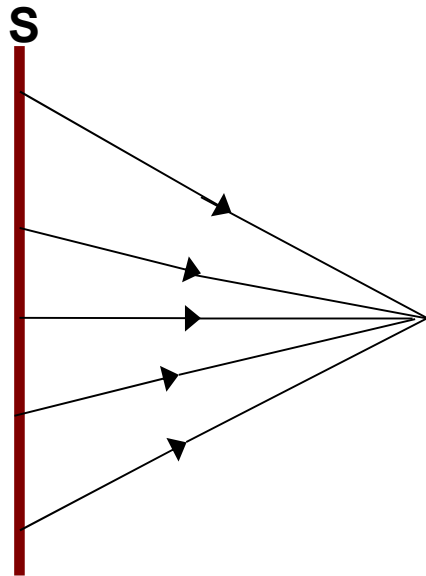


POV: Ponto Objeto Virtual.
Os raios não se encontram efetivamente



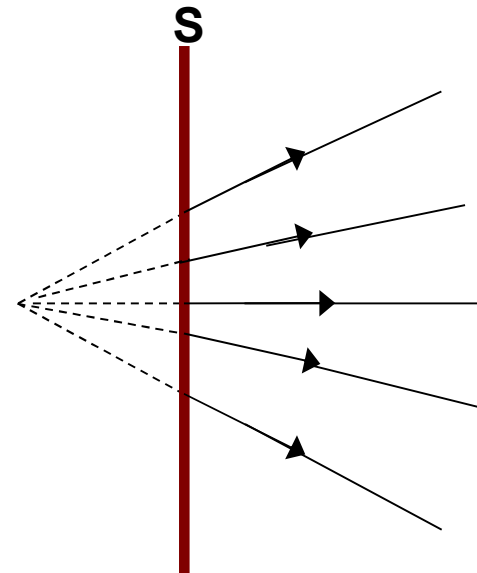
PO ∞ : Ponto Objeto Impróprio
Não há um vértice definido.

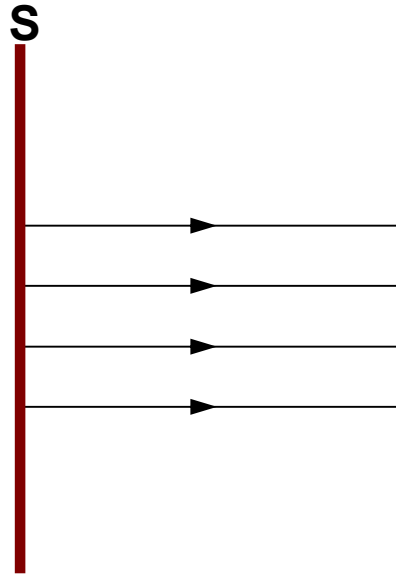
B) Ponto Imagem: Vértice do pincel emergente.



PIR: Ponto Imagem Real.
O raios efetivamente se encontram.

PIV: Ponto Imagem Virtual.
Os raios não se encontram efetivamente.



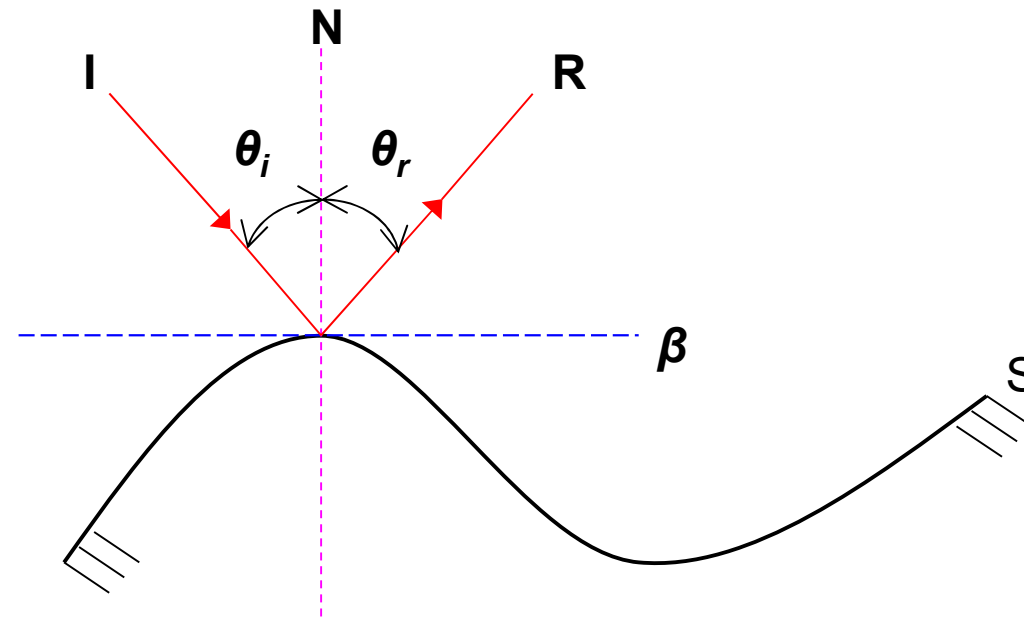


PI_{∞} : Ponto Imagem Impróprio.
Não há um vértice definido para o pincel emergente.

OBS.:

Em breve realizaremos cálculos para determinarmos as características de objetos, e/ou imagens, e/ou de meios ópticos, e/ou de superfícies ópticas. Em todos os casos será feita a seguinte atribuição para as quantidades numéricas que representarem essas características: tudo o que for Real será representado por um valor positivo, e tudo o que for Virtual será representado por um valor negativo.

Reflexão



- S** \equiv Superfície refletora;
- I** \equiv Raio de luz incidente;
- R** \equiv Raio de luz refletido (emergente);
- β** \equiv Plano tangente à superfície no ponto de incidência;
- N** \equiv Normal (perpendicular) ao plano tangente no ponto de incidência;
- θ_i** \equiv Ângulo de incidência em relação à normal;
- θ_r** \equiv Ângulo de reflexão em relação à normal.

- 1) O raio incidente, o raio refletido e a normal estão contidos num mesmo plano, ou seja, são coplanares.
- 2) O ângulo de incidência (θ_i) e o ângulo de reflexão (θ_r) são iguais.

Estas leis da reflexão podem facilmente ser observadas com montagens experimentais bastante simples. Entretanto, elas podem ser deduzidas de princípios fundamentais da Física, em particular dos chamados princípios de minimização – da trajetória, do tempo, da energia, da ação.

Isto é diferente do que ocorre, por exemplo, com as leis de Coulomb e de Biot-Savart do eletromagnetismo, que são tão somente leis empíricas, ou seja, são relações entre grandezas determinadas por meio de medidas experimentais e que não apresentam justificativas em princípios mais básicos da Física.

Espelhos são superfícies polidas que refletem a luz com eficiência.

Há essencialmente dois tipos de espelhos de interesse:

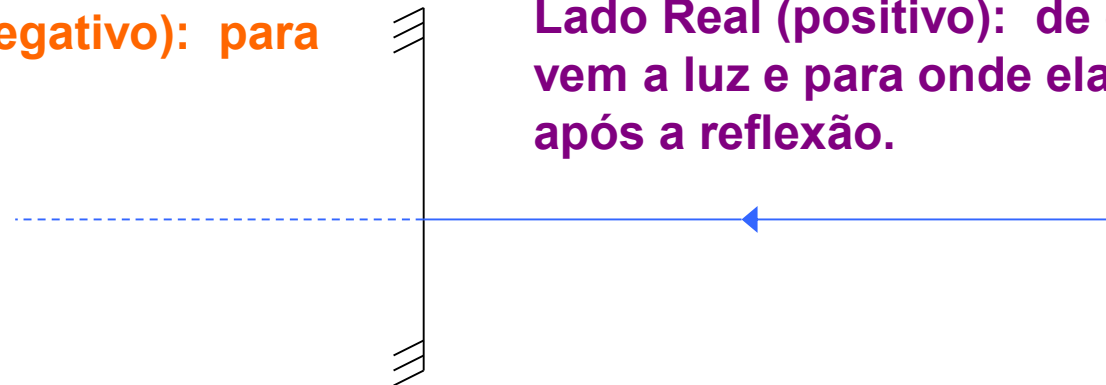
- com superfície plana, chamados de espelhos planos;
- com superfície curva, dos quais estudaremos os espelhos esféricos;

Espelhos Planos

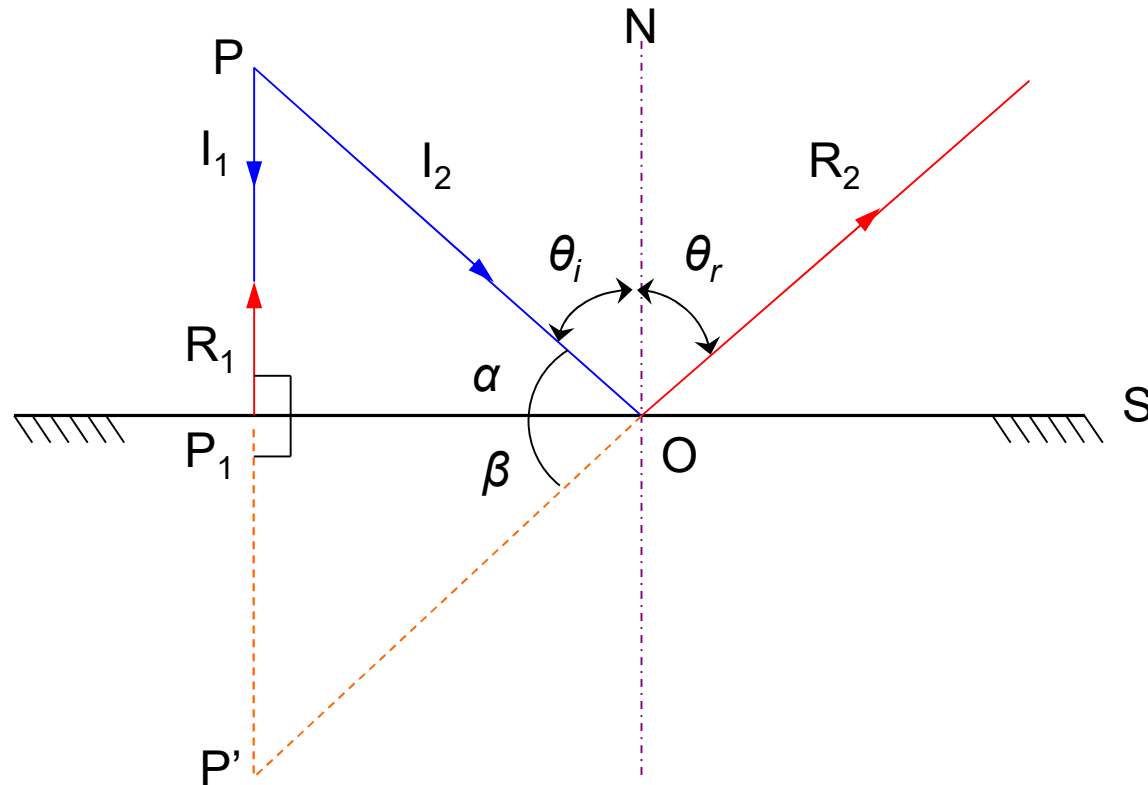
São representados como no desenho abaixo.

Lado Virtual (negativo): para onde a luz iria.

Lado Real (positivo): de onde vem a luz e para onde ela retorna após a reflexão.



Espelhos Planos



Os triângulos POP_1 e $P'OP_1$ são congruentes, pois têm um lado em comum – o segmento OP_1 – e possuem dois ângulos iguais: os ângulos retos e os ângulos α e β , que valem $\alpha = 90^\circ - \theta_i$ e $\beta = 90^\circ - \theta_r$, mas como $\theta_i = \theta_r$, então: $\alpha = \beta$. Portanto, conclui-se que os dois triângulos são iguais.

Daí podemos dizer que a distância $P'P_1$, da imagem ao espelho, é igual à distância PP_1 , do objeto ao espelho.

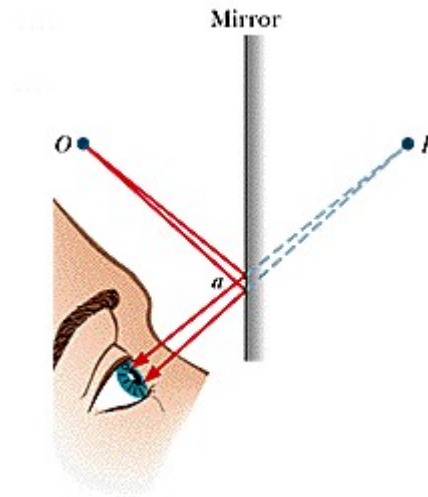
Do exposto acima concluímos que a imagem formada por um espelho plano é: Virtual, Direita (não invertida em relação ao objeto), de mesmo tamanho que o objeto, e está à mesma distância do espelho em que está o objeto.

A única diferença é que a imagem é simétrica em relação ao objeto, ou melhor dizendo, a imagem é REVERTIDA em relação ao objeto: o lado direito está trocado com o lado esquerdo.

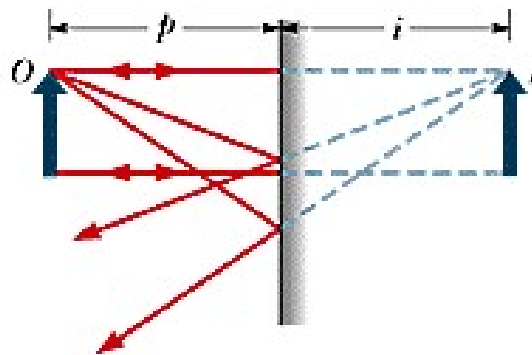
No esquema anterior podemos aplicar o princípio da reversibilidade dos raios luminosos e verificaríamos que os fenômenos não são em nada alterados; contudo, uma reversão de sentido dos raios implicaria que teríamos um ponto objeto virtual P' (POV), e a formação de uma imagem real em P (PIR). Desta forma podemos concluir que, num espelho plano:

POR conjuga com **PIV**,
e **POV** conjuga com **PIR**.

Espelhos Planos

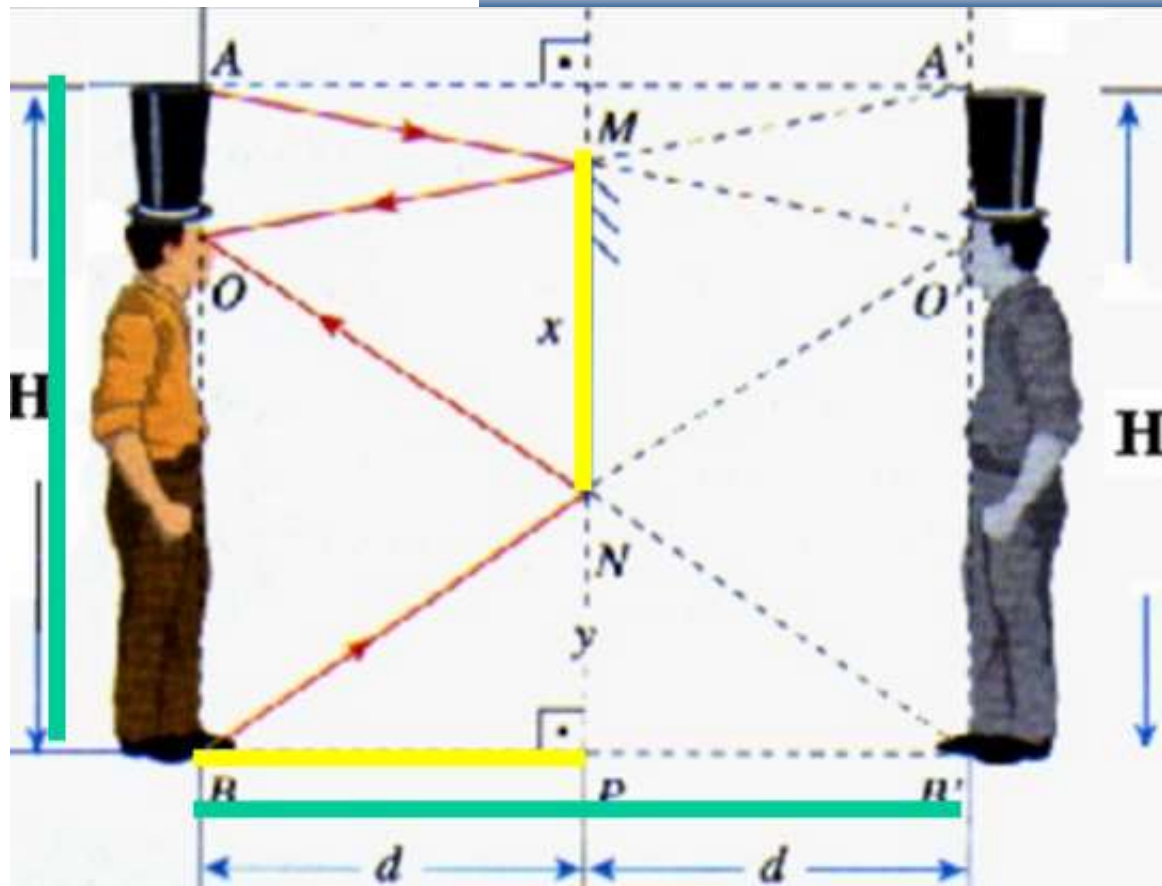


Objeto Puntual Real (POR)
Imagem Virtual (PIV)



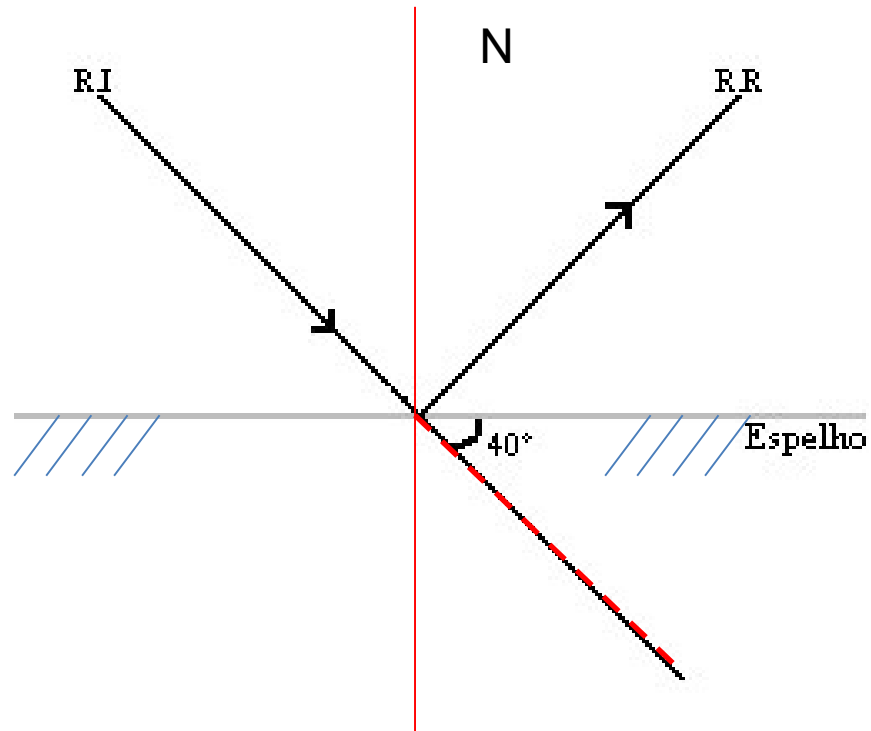
Objeto Extenso Real (POR)
Imagem: Virtual (PIV),
De mesmo tamanho,
Direita (quer dizer não invertida),
Revertida.

Espelhos Planos



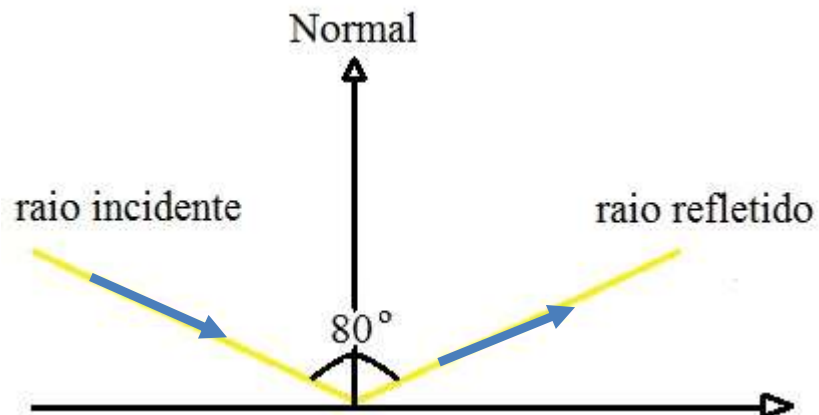
Para que uma pessoa se enxergue do alto da cabeça à ponta dos pés, precisará ter diante de si um espelho plano que tenha pelo menos metade da sua altura. Isto lhe possibilitará sua visualização completa, independentemente da distância em que se encontre do espelho.

Espelhos Planos



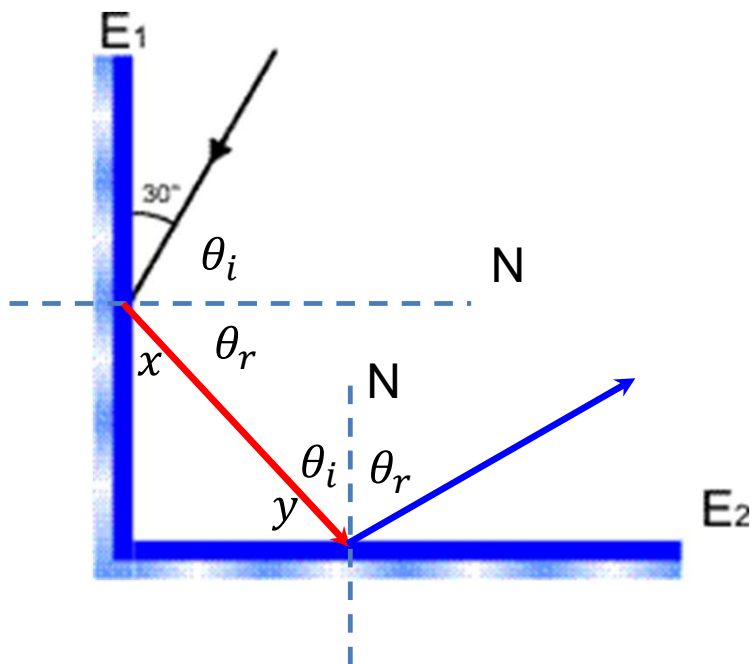
Espelhos Planos

O ângulo entre um raio de luz que incide em uma superfície e o raio de luz refletido por ela é igual a 80° . Qual é o ângulo entre o raio incidente e a reta normal? E qual é o ângulo entre o raio refletido e a superfície?



Espelhos Planos

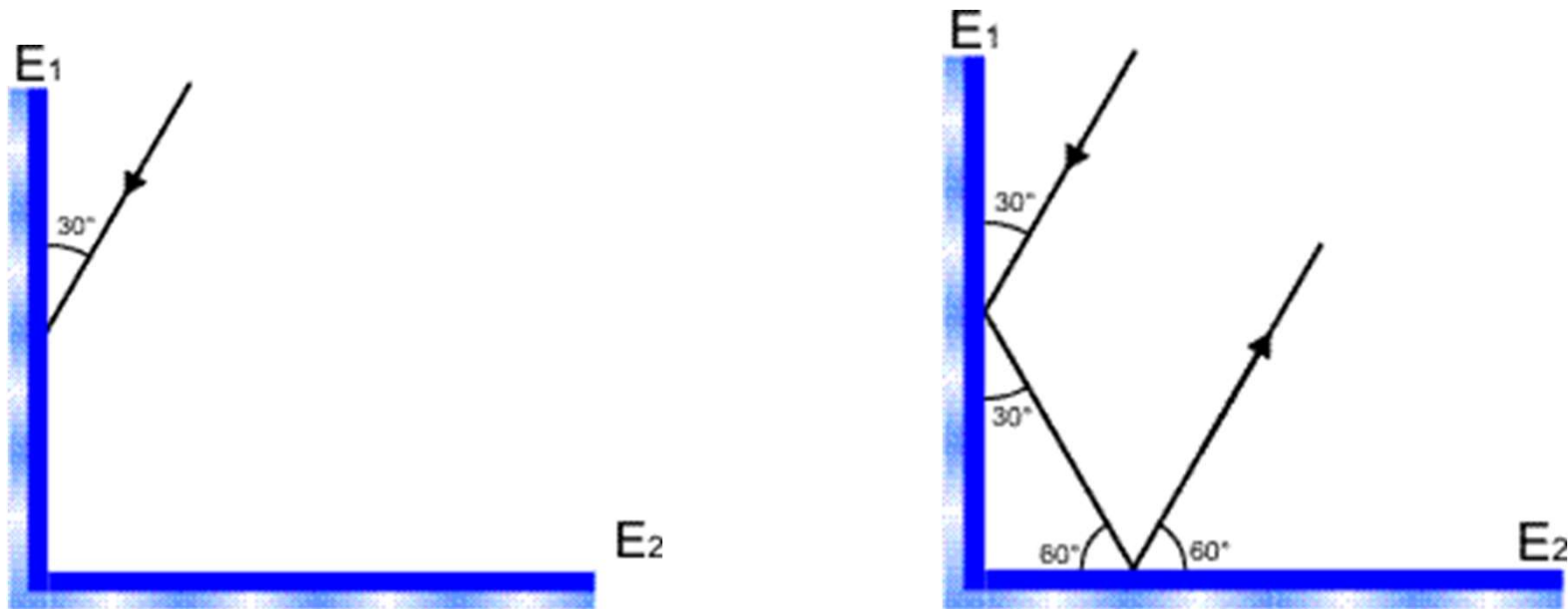
Na figura, os espelhos planos E1 e E2 são perpendiculares. Um raio luminoso incide no espelho E1 formando 30° com a superfície refletora, conforme está indicado:



Represente a trajetória da luz até que ela deixe o sistema de espelhos.

Espelhos Planos

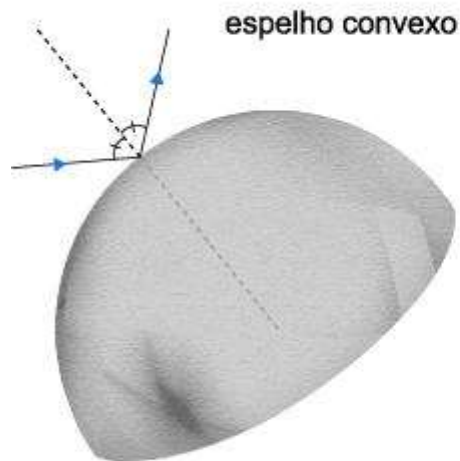
Na figura, os espelhos planos E1 e E2 são perpendiculares. Um raio luminoso incide no espelho E1 formando 30° com a superfície refletora, conforme está indicado:



Represente a trajetória da luz até que ela deixe o sistema de espelhos.

Espelhos Esféricos

Espelhos esféricos são originados de uma calota esférica (secção de uma esfera).



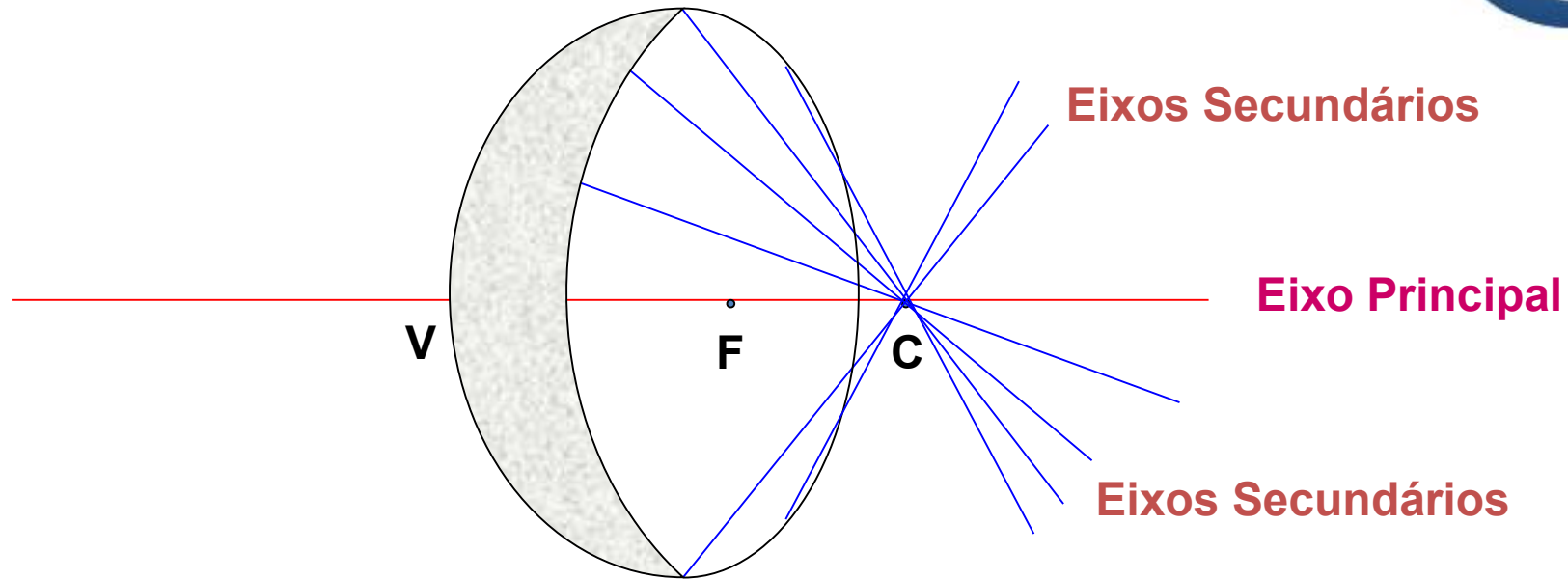
espelho convexo



espelho côncavo

Pode-se usar como superfície refletora a camada externa dessa calota, e teremos um espelho convexo, ou pode-se usar a camada interna, e teremos então um espelho côncavo.

Espelhos Esféricos



C \equiv Centro de Curvatura do Espelho. É o centro da esfera original.

F \equiv Foco do Espelho. Equivale à metade do raio de curvatura do espelho.

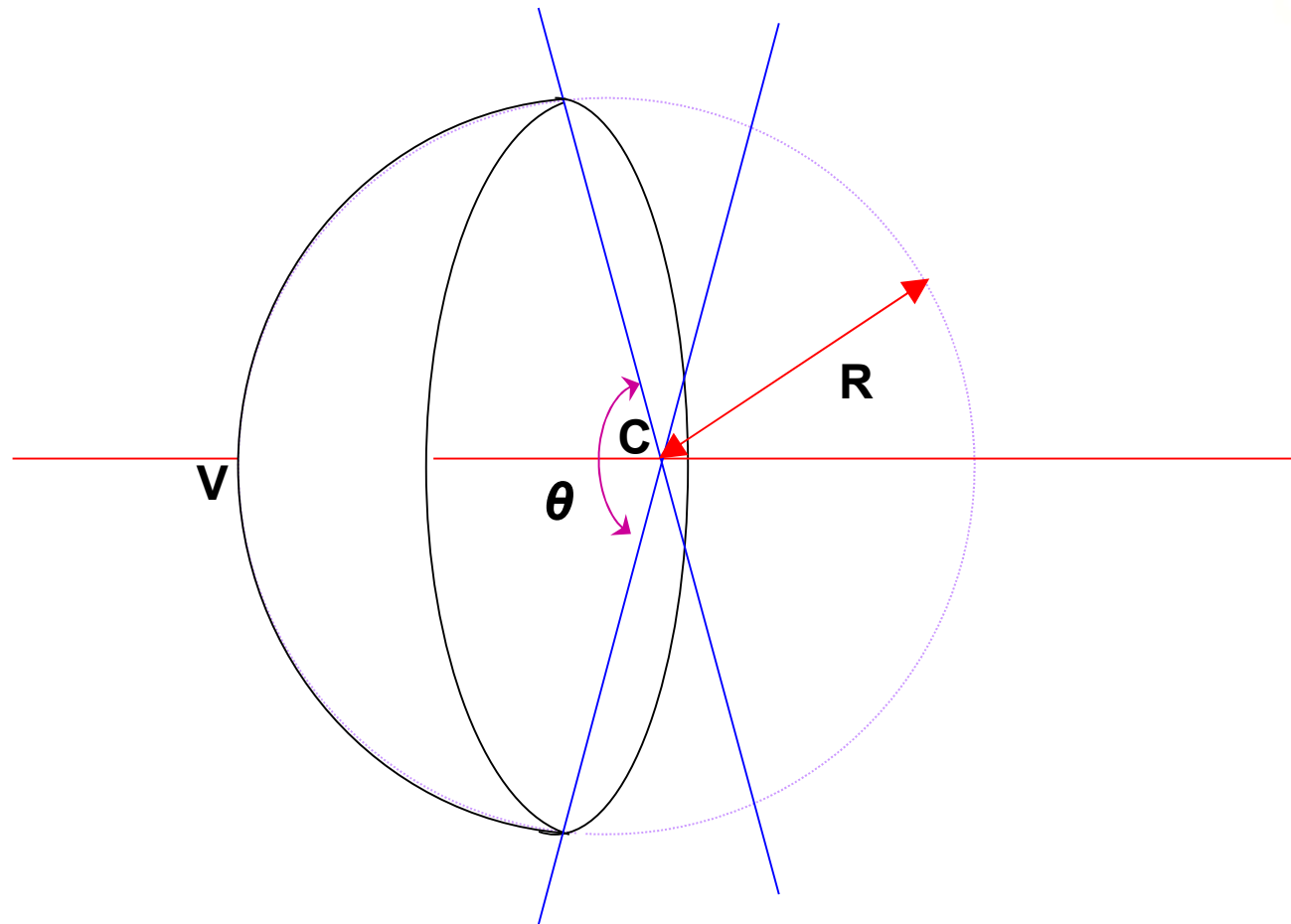
V \equiv Vértice do Espelho. É o ponto equidistante de todos os demais pontos do espelho; é o seu pólo.

Eixo Principal \equiv É o raio de curvatura que contém o vértice.

Eixos Secundários \equiv Quaisquer outros raios de curvatura exceto o principal.

Eixos Secundários 2 \equiv Outros textos dizem que são Eixos paralelos ao principal.

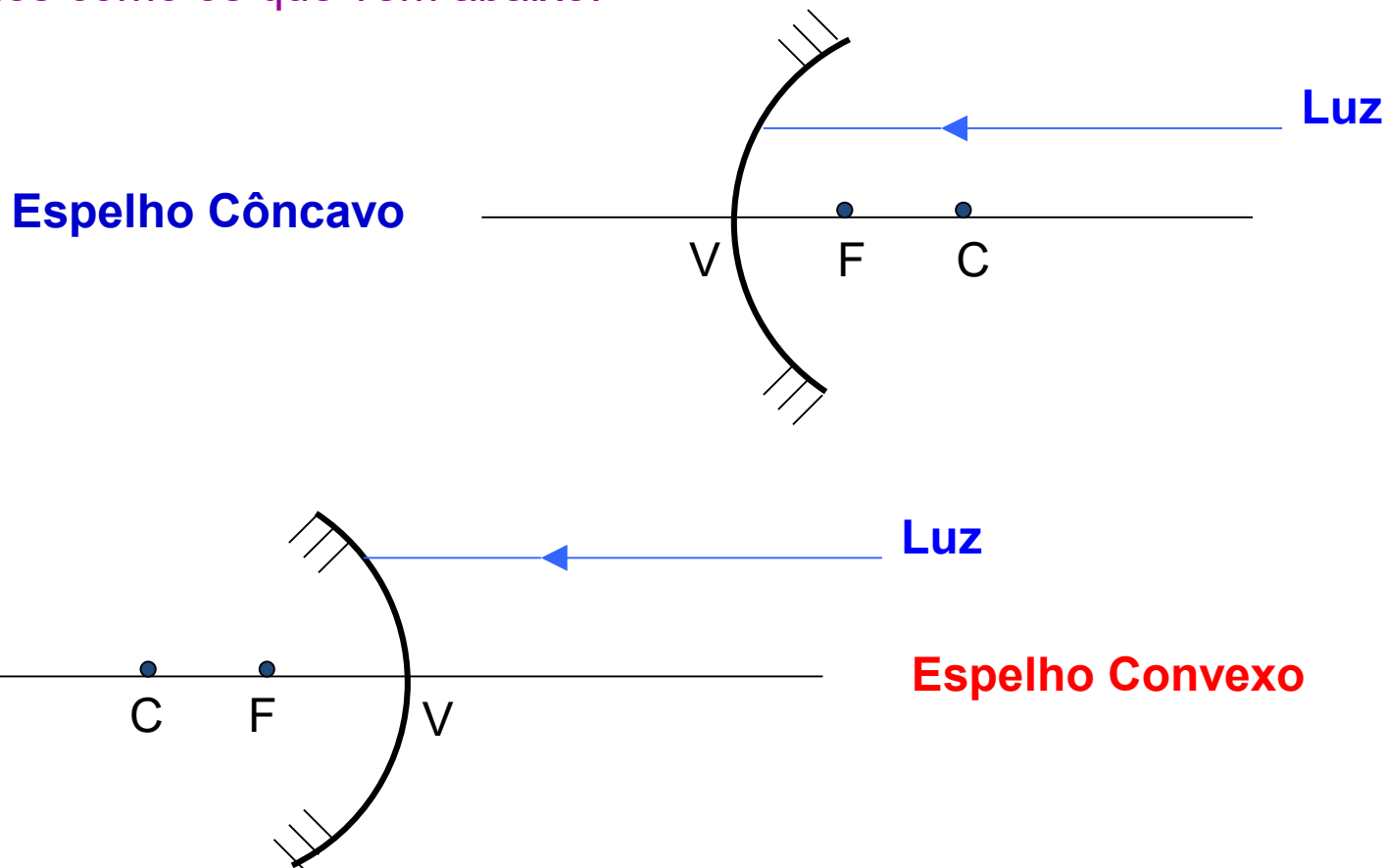
Espelhos Esféricos



θ é o ângulo de abertura do espelho esférico. É o ângulo compreendido entre dois eixos secundários que atingem pontos extremos do espelho.

Espelhos Esféricos

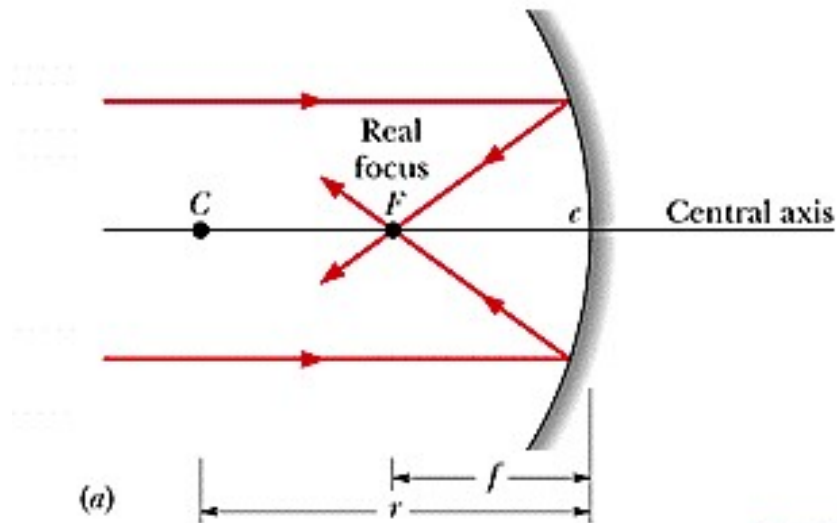
Dada a dificuldade em se desenhar uma calota esférica toda vez que se quer estudar um espelho esférico, e dado também que em geral usamos apenas uma pequena parcela de um espelho esférico, ou seja, um espelho curvo, simplifica-se a representação dos espelhos esféricos e/ou curvos usando-se desenhos como os que vêm abaixo:



Espelhos Esféricos

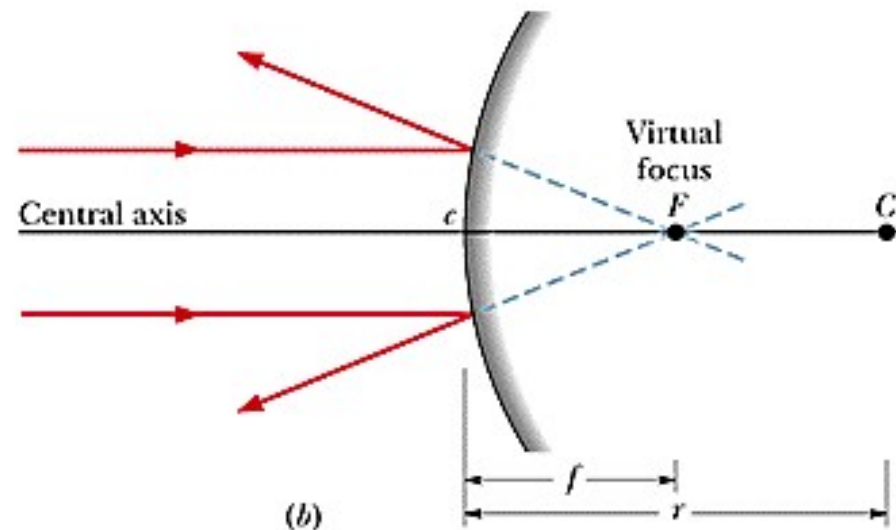
Foco: É o ponto para o qual o espelho esférico converge os raios de luz refletidos, originados de um pincel de luz cilíndrico incidente.

Demonstraremos em breve que a distância focal equivale à metade do raio do espelho: $f = r/2$



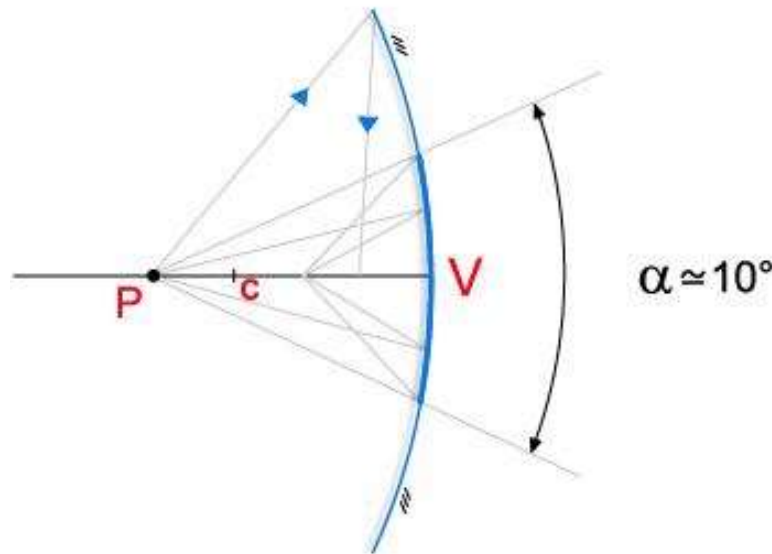
Espelho Convexo:
Foco Virtual

Espelho Côncavo:
Foco Real



Espelhos Esféricos

Se o pincel de luz que incide sobre o espelho esférico tiver uma abertura muito grande, parte dos raios refletidos pelo espelho não se cruzarão num mesmo ponto, produzindo o efeito conhecido como **aberração**, como se pode ver abaixo.

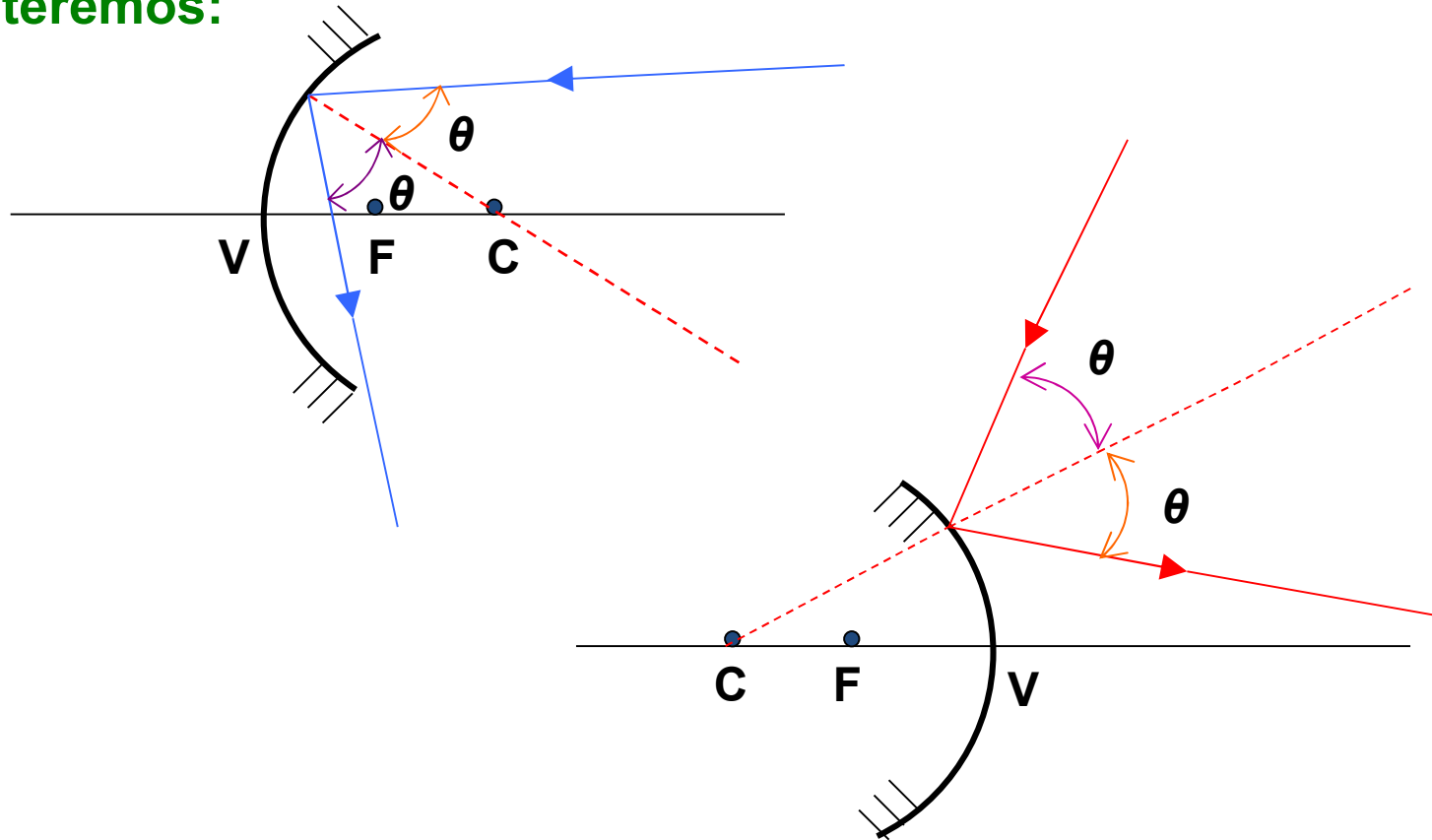


Para garantirmos a formação de imagens nítidas por um espelho esférico, devemos observar certas exigências conhecidas como “**condições de nitidez de Gauss**”. São elas:

- 1) Os raios que incidem sobre o espelho devem ser pára-axiais, ou seja, devem estar próximos do eixo principal.
- 2) O ângulo de abertura desses raios deve ser pequeno: $\alpha \leq 10^\circ$.

Espelhos Esféricos

Observemos que a normal a uma superfície esférica é seu próprio raio de curvatura. Daí, aplicando as leis da reflexão teremos:



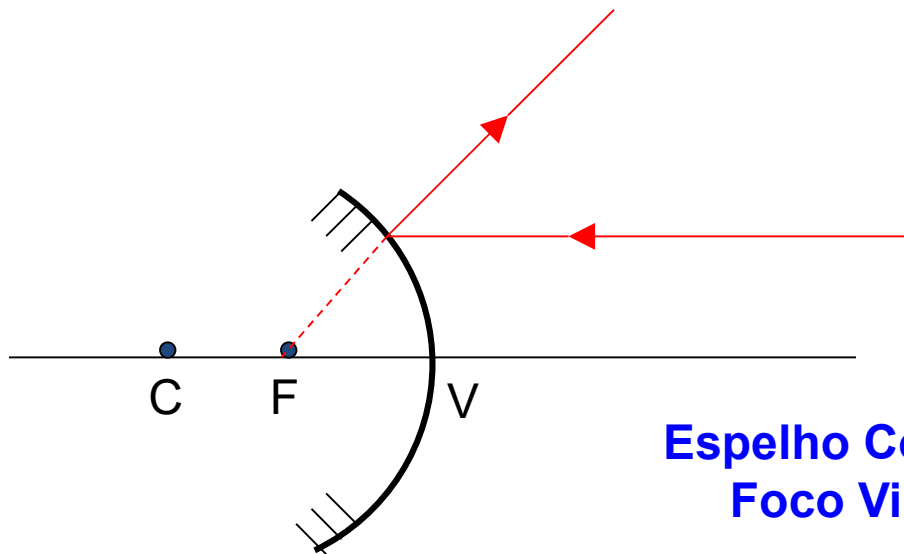
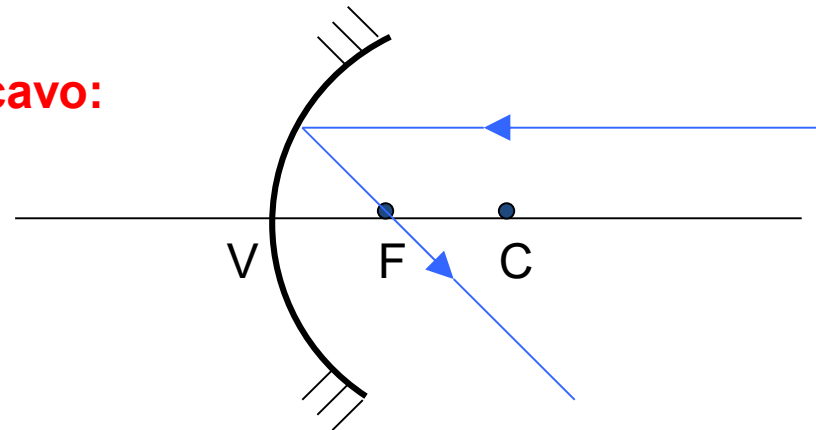
Nas condições de nitidez de Gauss, a aplicação das leis da reflexão sobre um espelho esférico resultam num conjunto de trajetórias que são fáceis de memorizar e que ajudam na resolução da maioria dos problemas. Veremos estas trajetórias especiais a seguir.

Espelhos Esféricos

Propriedades dos raios incidentes em espelhos esféricos

1ª.) Todo raio que incide paralelamente ao eixo principal reflete passando pelo foco.

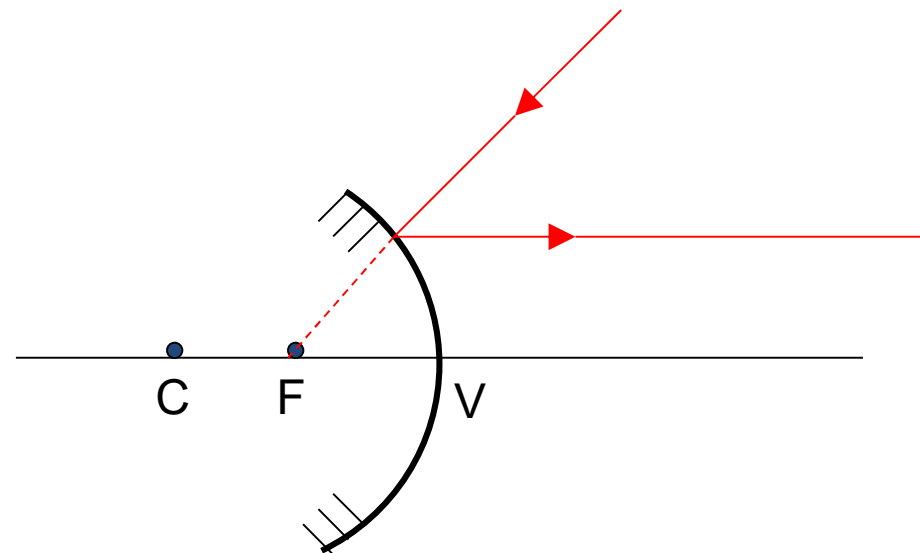
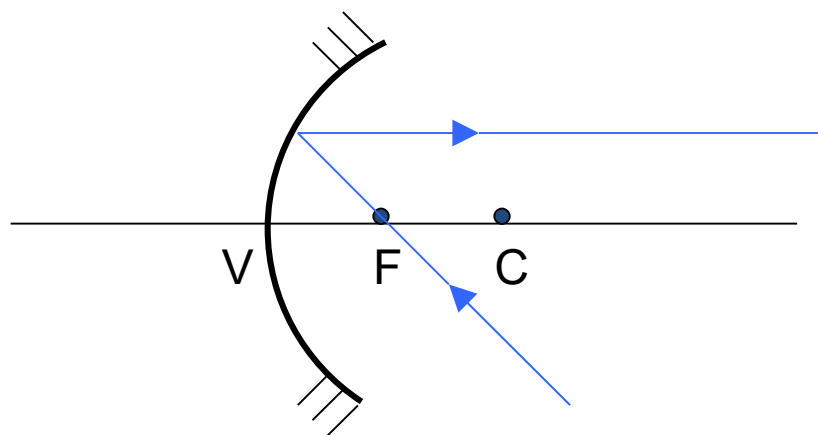
**Espelho Côncavo:
Foco Real**



**Espelho Convexo:
Foco Virtual**

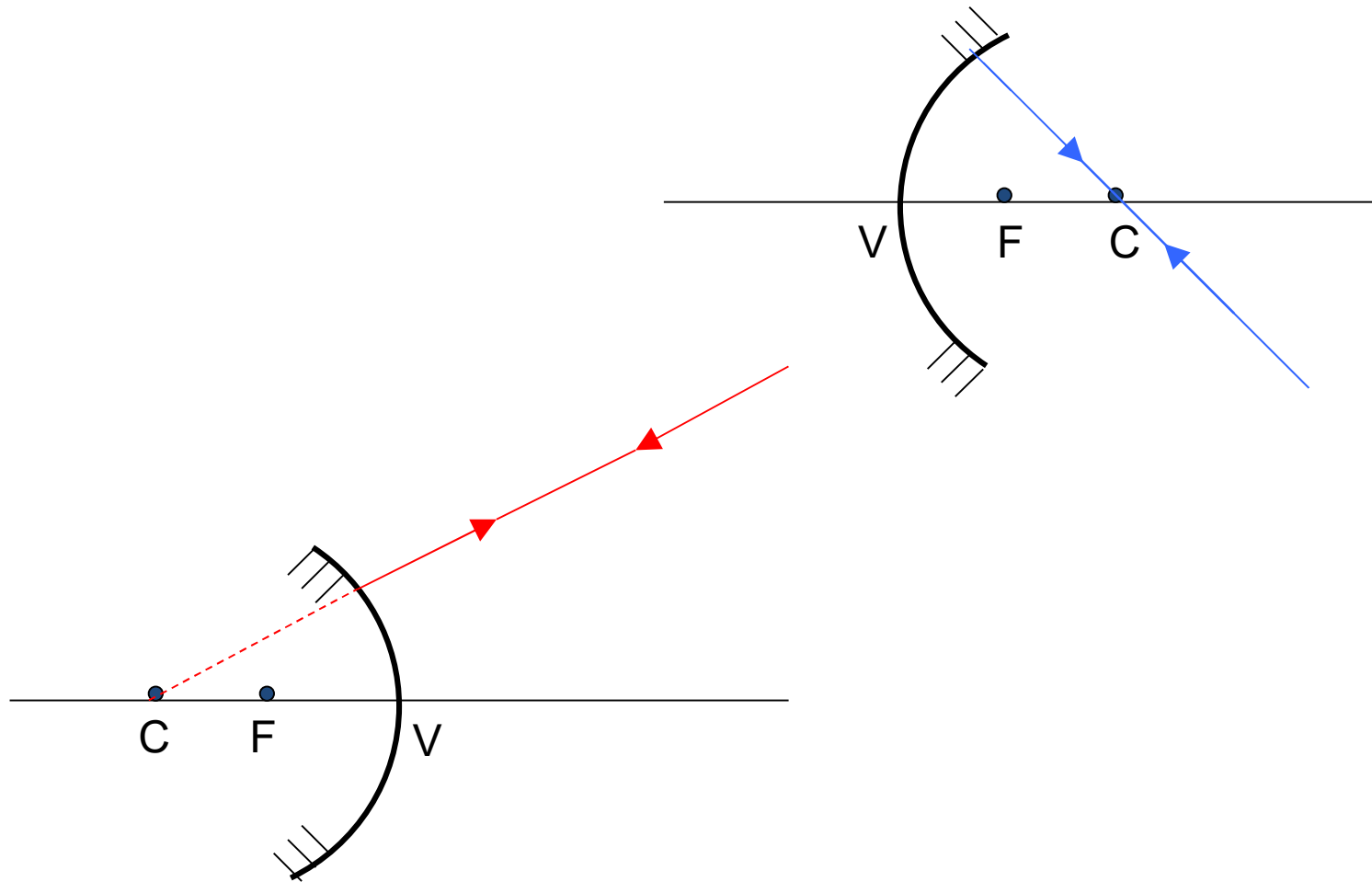
Espelhos Esféricos

Aplicando-se o princípio de reversibilidade dos raios luminosos a este caso, vê-se que todo raio que incide passando pelo foco é refletido paralelamente ao eixo principal do espelho.



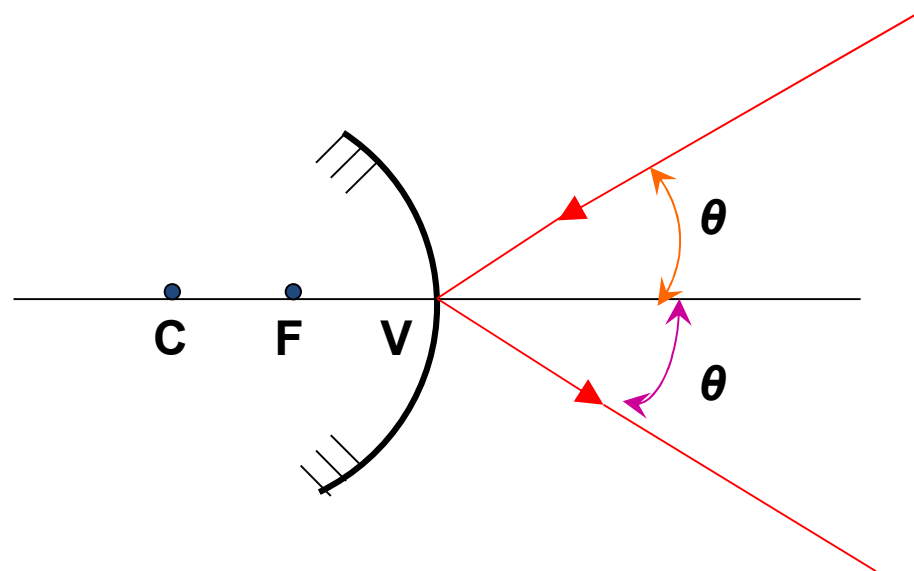
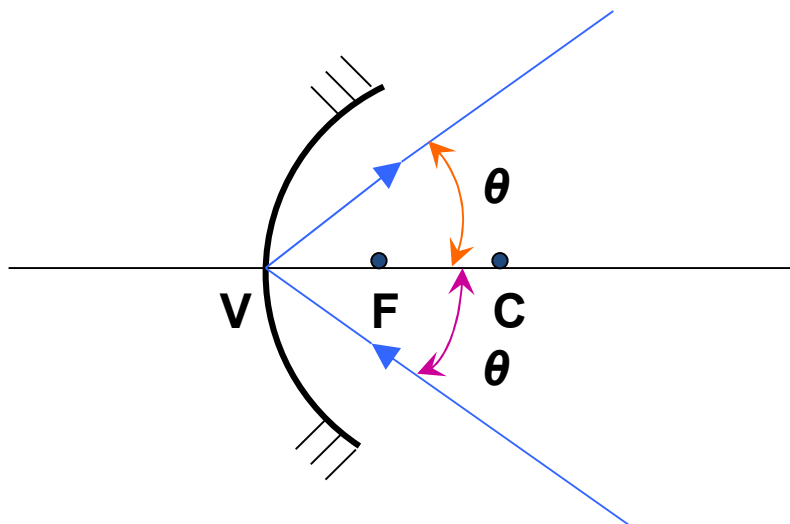
Espelhos Esféricos

2ª.) Todo raio que incide passando pelo centro de curvatura reflete sobre si mesmo.



Espelhos Esféricos

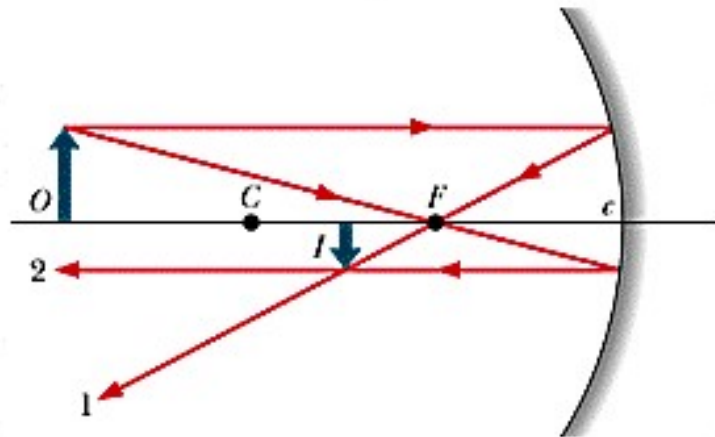
3ª.) Todo raio que incide sobre o vértice reflete simetricamente ao eixo principal.



Utilizando-se estes raios com trajetórias mais simples podemos resolver qualquer problema de formação de imagens por espelhos esféricos, determinando sem ambiguidades as características dessas imagens.

Isto constitui-se no chamado “**Método Gráfico**” de resolução de problemas envolvendo espelhos esféricos.

A seguir demonstra-se, por este método, a resolução dos casos mais tradicionais envolvendo espelhos esféricos côncavos e convexos.



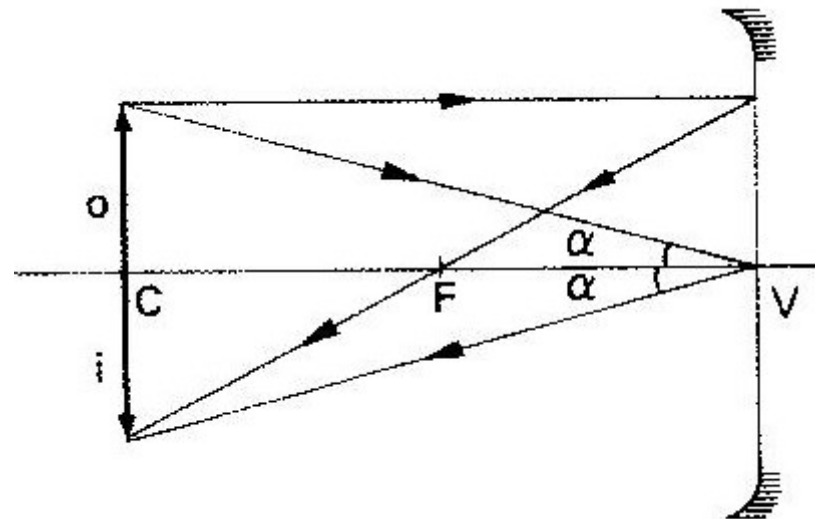
Espelho Côncavo

Objeto Extenso Real (POR), Direito, posicionado antes do centro de curvatura do espelho.

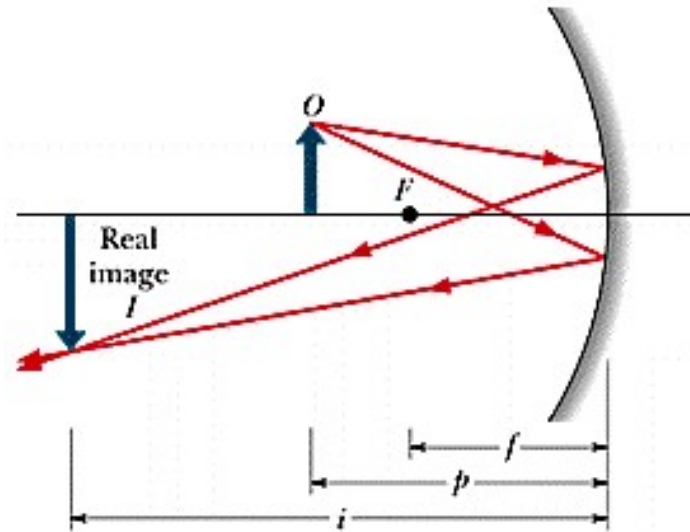
Características da Imagem: Real (PIR), Invertida, Reduzida, posicionada entre o centro de curvatura e o foco do espelho.

Espelho Côncavo

Objeto Extenso Real (POR), Direito posicionado no centro de curvatura.
Imagem: Real, Invertida, de mesmo tamanho que o objeto e posicionada também no centro de curvatura.



Método Gráfico



Espelho Côncavo

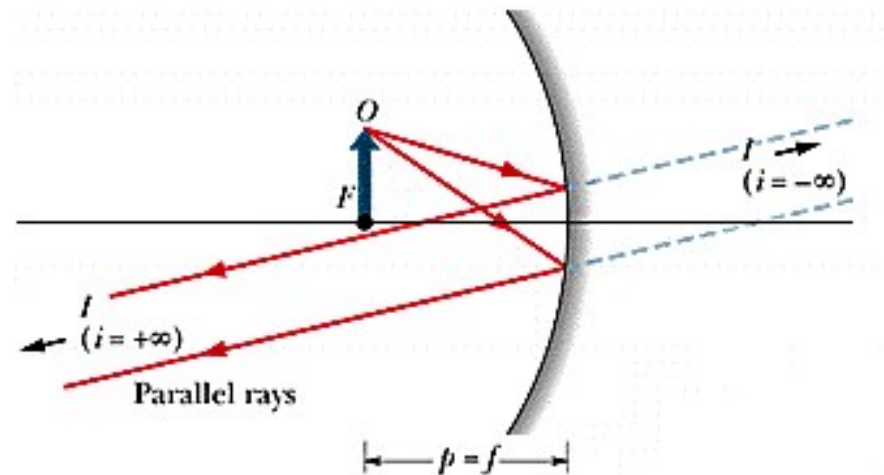
Objeto Extenso Real (POR), Direito
posicionado entre o centro de
curvatura e o foco.

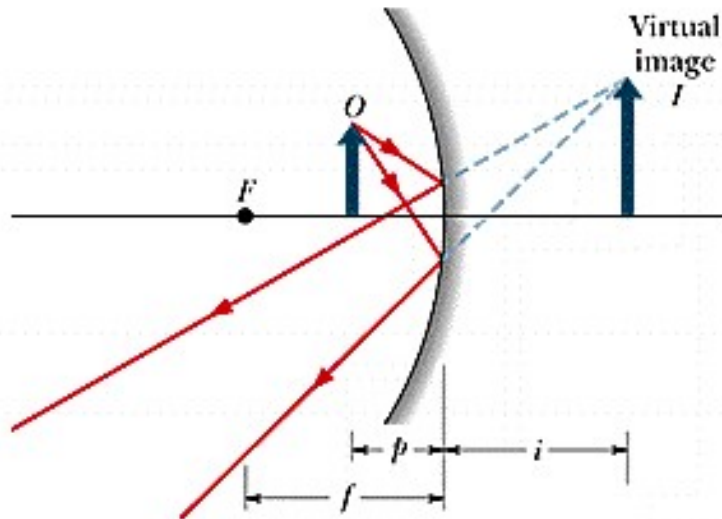
Imagem: Real, Invertida, Aumentada e
posicionada antes do centro de
curvatura.

Espelho Côncavo

Objeto Extenso Real (POR), Direito
posicionado sobre o foco.

Imagem: Imprópria (PI^∞).





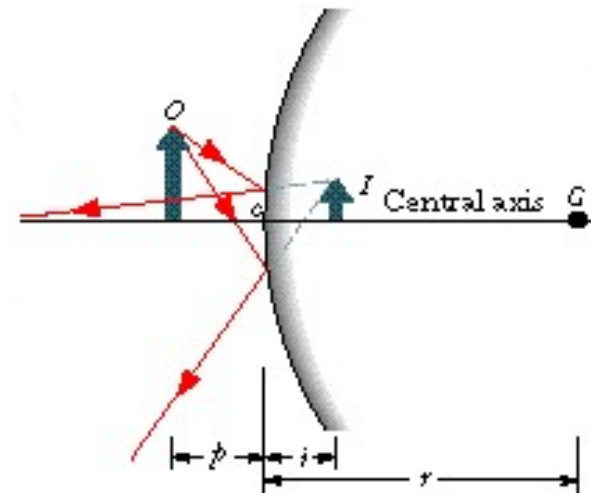
Espelho Côncavo

Objeto Extenso Real (POR), Direito
posicionado entre o foco e o vértice.
Imagem: Virtual, Direita, Aumentada.

Espelho Convexo

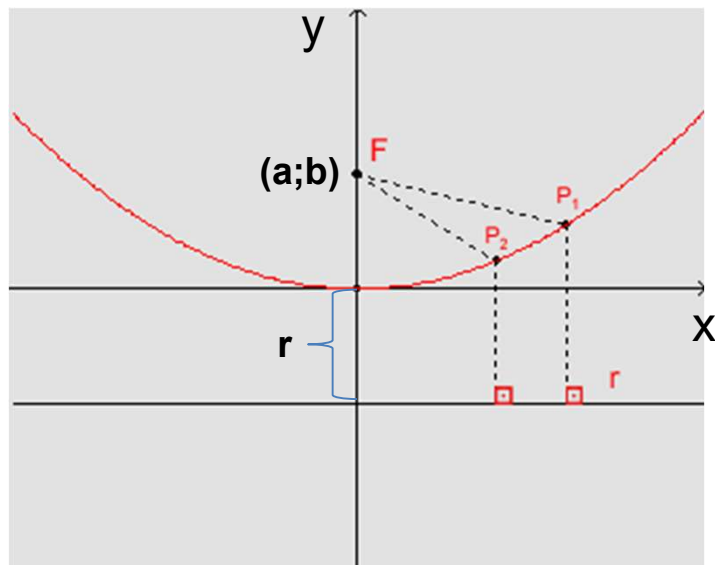
Objeto Extenso Real (POR), Direito
posicionado a qualquer distância do
vértice.

Imagem: Virtual, Direita, Reduzida



Parábola:

Uma parábola é a curva plana definida como o conjunto dos pontos que são equidistantes de um ponto dado (chamado de foco **F**) e de uma reta dada (chamada de diretriz **r**).



F = foco da parábola de coordenadas (a,b);

r = diretriz, representada por uma reta constante, isto é, $y = r$.

Equação geral de uma parábola:

$$y = \frac{1}{2(b-r)}(x-a)^2 + \frac{1}{2}(b+r)$$

Referência:

<https://pt.khanacademy.org/math/algebra2/intro-to-conics-alg2/focus-and-directrix-of-a-parabola-alg2/v/focus-and-directrix-introduction>

Parábola:

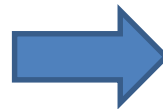
Exemplo 1:

Obter a equação da parábola cujo foco é F (0; 1/4) e a reta diretriz é r = -1/4:

$$y = \frac{1}{2(b-r)}(x-a)^2 + \frac{1}{2}(b+r)$$

$$y = \frac{1}{2\left(\frac{1}{4} - \left(-\frac{1}{4}\right)\right)}(x-0)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4}\right)$$

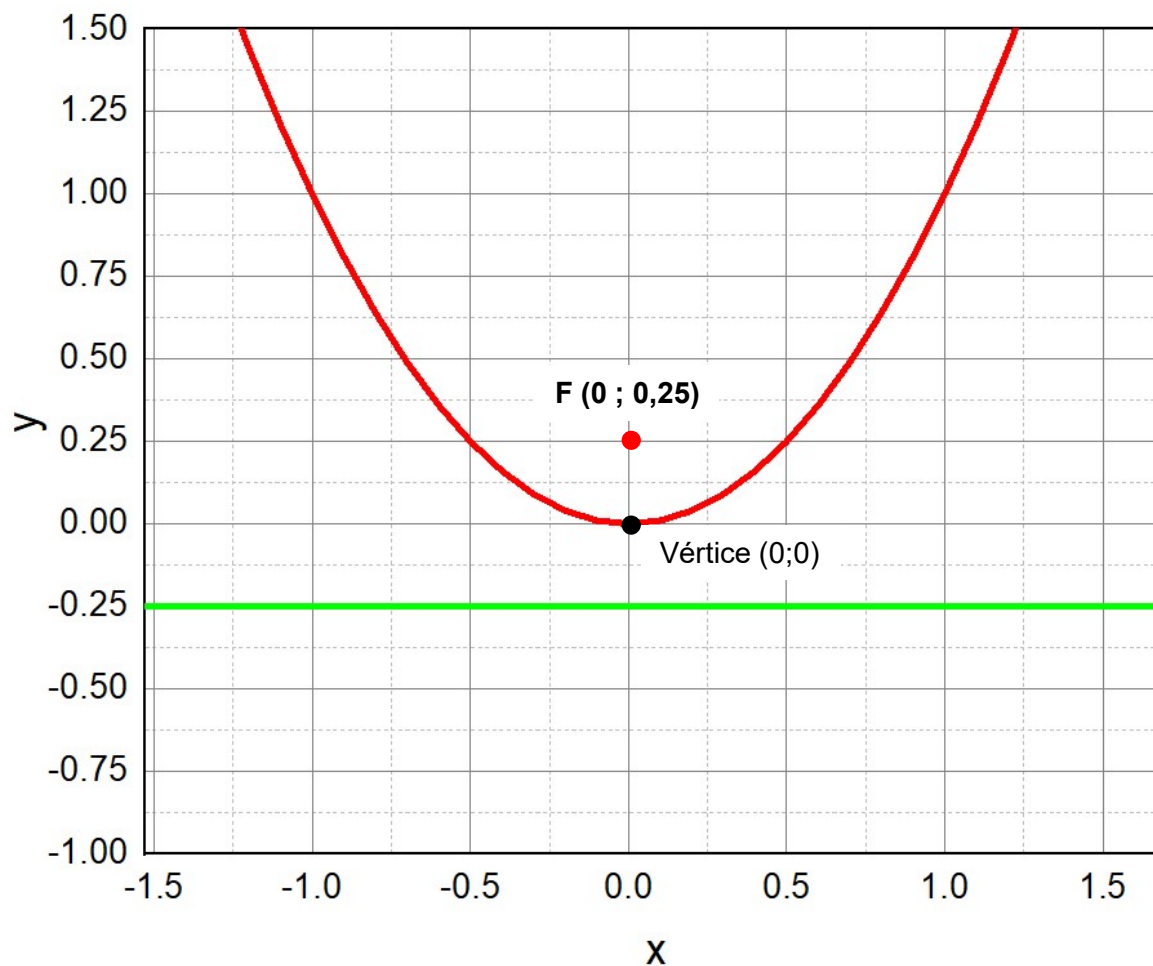
$$y = \frac{1}{2 \cdot \frac{2}{4}} x^2 + \frac{1}{2}(0-0)$$



$$y = x^2$$

Espelho Parabólico

Parábola: $y = x^2$



$$r = -\frac{1}{4} = -0,25$$

(reta diretriz)

Parábola:

Exemplo 2:

Através da equação da parábola a seguir, obter as coordenadas do foco $F(a;b)$ e a reta diretriz (r):

$$y = -\frac{1}{3}(x - 1)^2 - \frac{23}{4}$$

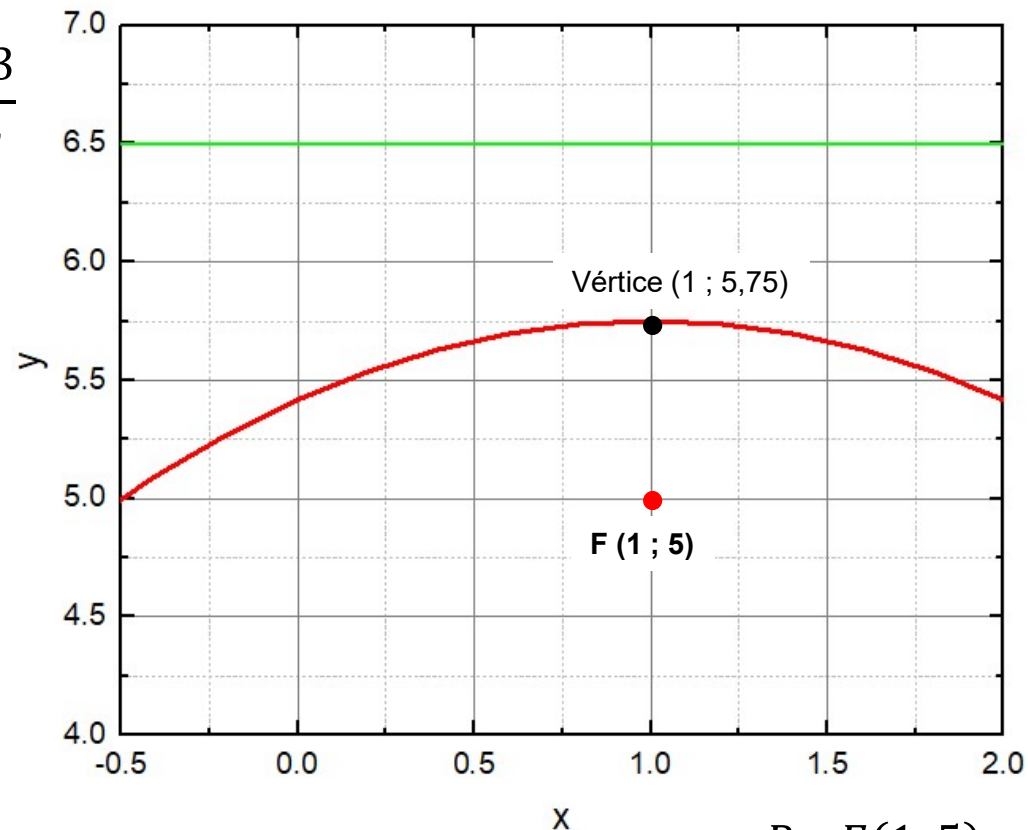
$$R: F(1; 5) \text{ e } r = \frac{26}{4} = 6,5$$

Parábola:

Exemplo 2:

Através da equação da parábola a seguir, obter as coordenadas do foco $F(a;b)$ e a reta diretriz (r):

$$y = -\frac{1}{3}(x - 1)^2 + \frac{23}{4}$$



$$r = \frac{26}{4} = 6,5$$

(reta diretriz)

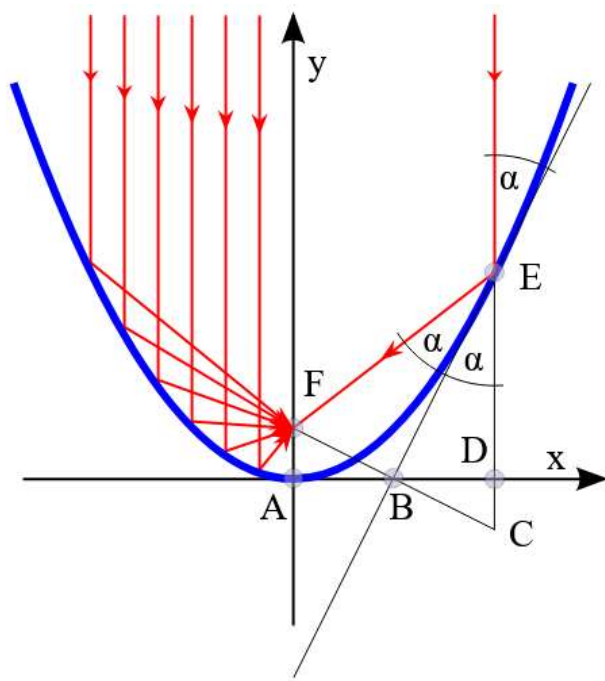
$$R: F(1; 5) \text{ e } r = \frac{26}{4} = 6,5$$

Espelho Parabólico

Parábola:

Por que um espelho **parabólico**?

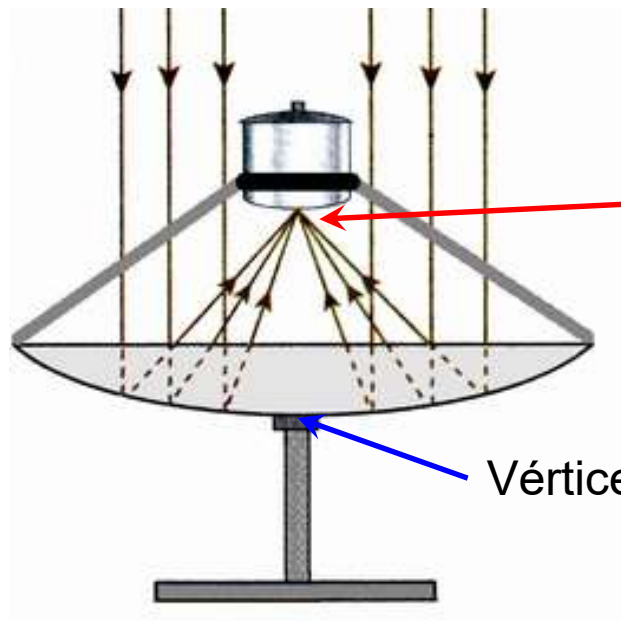
Raios aproximadamente paralelos convergem num único ponto = Foco!



Espelho Parabólico

Parábola:

Ideia do fogão solar **parabólico** (sugestão)



$F(0 ; y)$

y a determinar e testar...

