

# FÍSICA: TERMODINÂMICA, ONDAS E ÓTICA

## ***RESUMO: UNIDADES 7 E 8***

**Professora Olivia Ortiz John**

2017

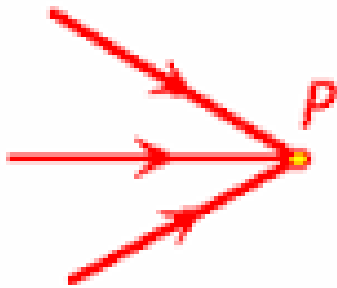
# Unidade 7: Espelhos e Lentes

- Óptica Geométrica
- Reflexão da luz
- Espelhos planos
- Espelhos esféricos
- Refração da luz
- Lentes

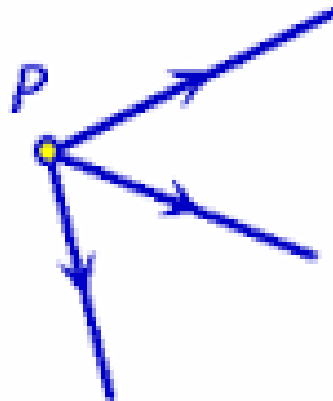
# Óptica Geométrica

O estudo da óptica geométrica considera as fontes de luz como sendo pontos (fontes pontuais).

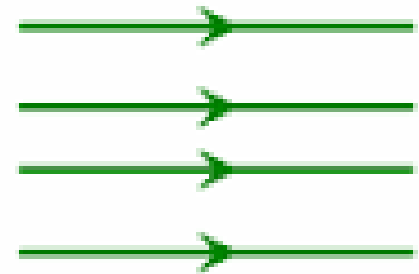
*Convergente*



*Divergente*



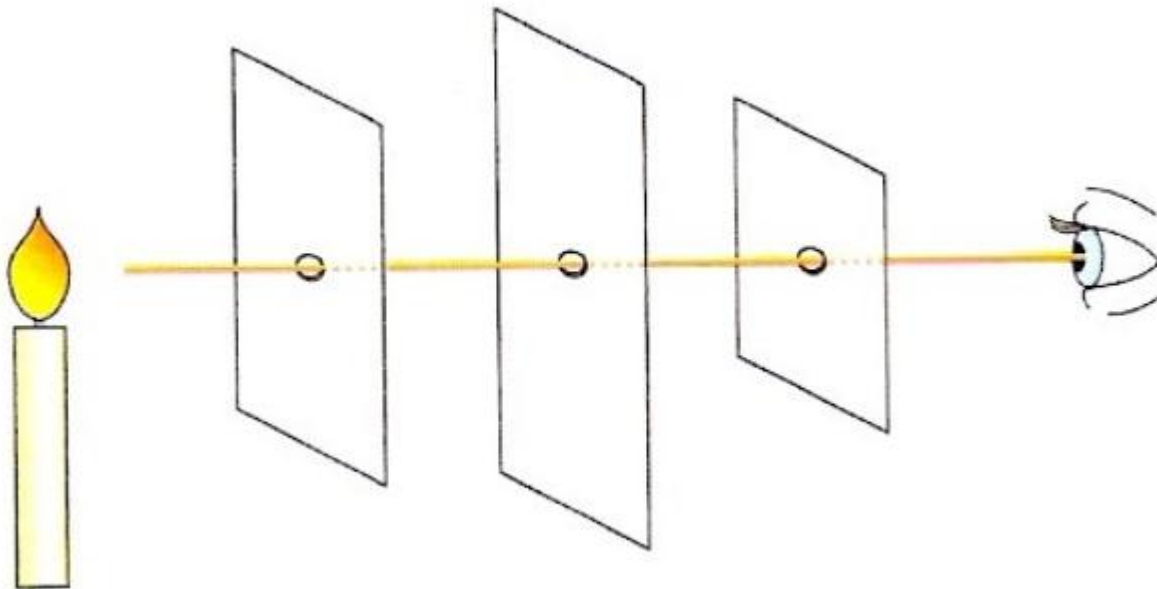
*Paralelo*



# Princípios da Óptica Geométrica

- **Princípio da propagação retilínea**

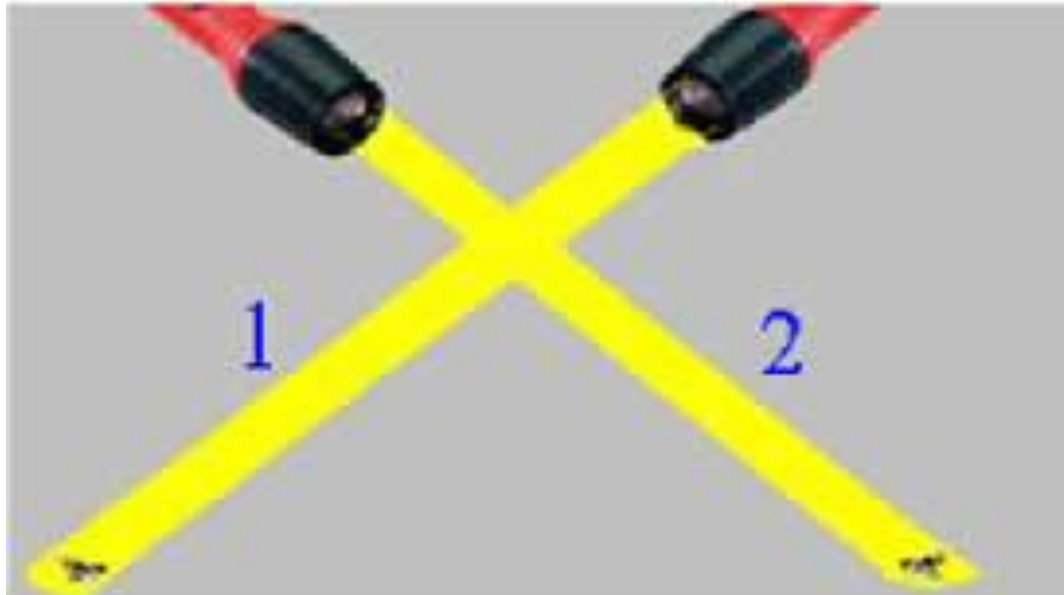
Em um meio homogêneo, transparente e isotrópico, a luz propaga-se em linha reta.



# Princípios da Óptica Geométrica

- **Princípio da independência dos raios de luz**

Após o encontro de raios luminosos, cada um deles segue o seu trajeto sobre a mesma reta de antes, ou seja, um raio não modifica a trajetória do outro.

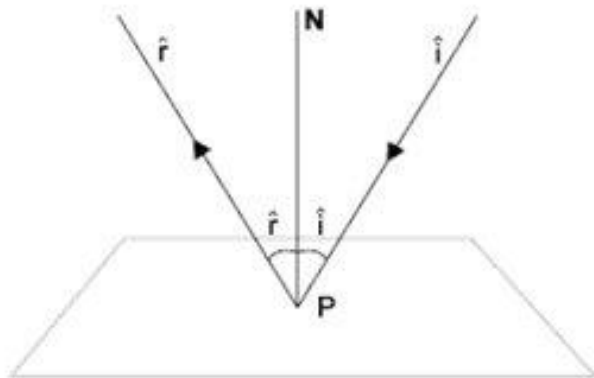


# Reflexão da luz

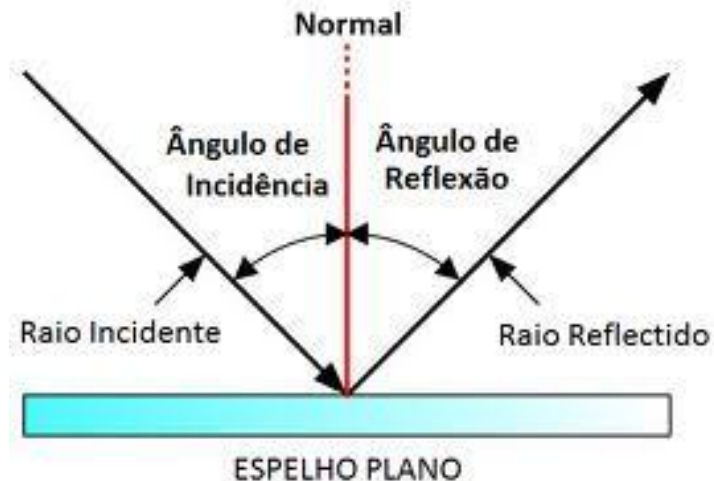
Quando um raio de luz bate em um objeto, parte dele é refletido e parte é absorvido e/ou transmitido.

A parte que é refletido, segue duas leis básicas:

- *O raio incidente e o raio refletido estão situados em um mesmo plano.*
- *O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (esse ângulo é medido em relação à reta normal e à superfície, no ponto em que o raio a atinge).*

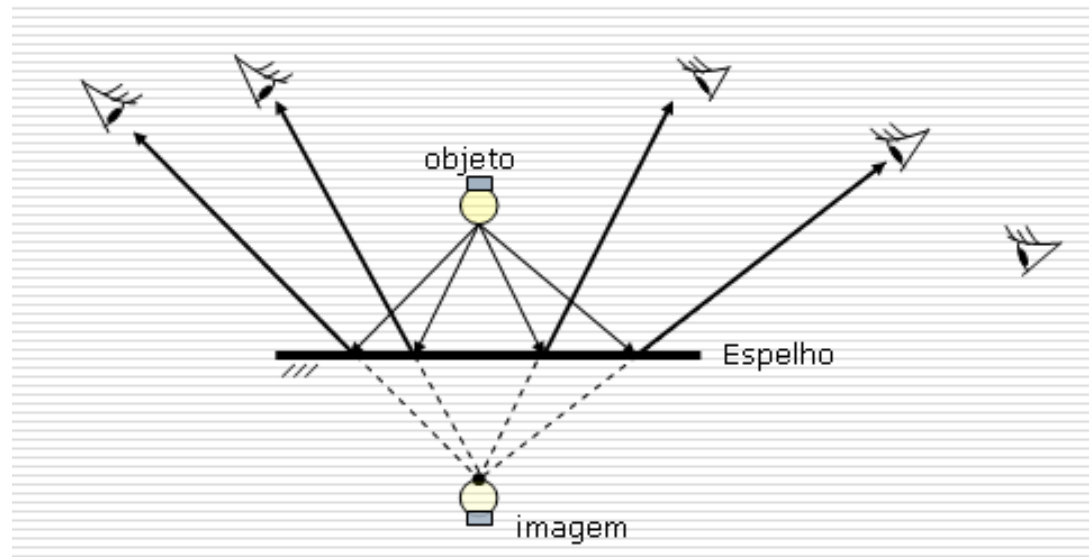
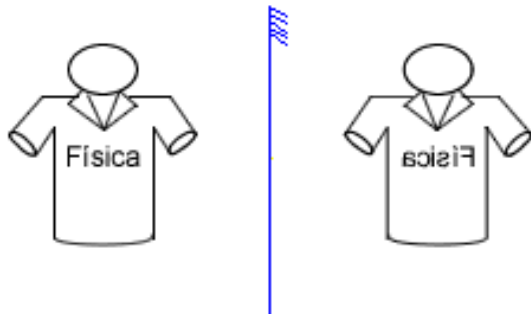


$$\hat{i} = \hat{r}$$



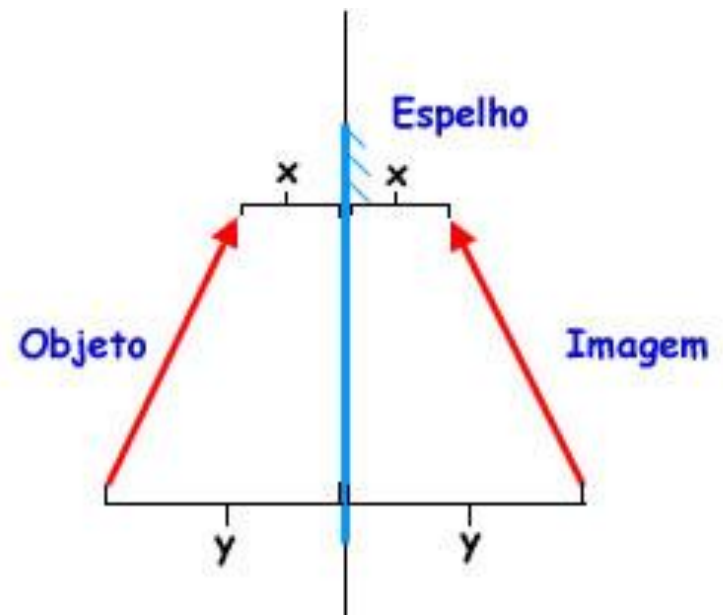
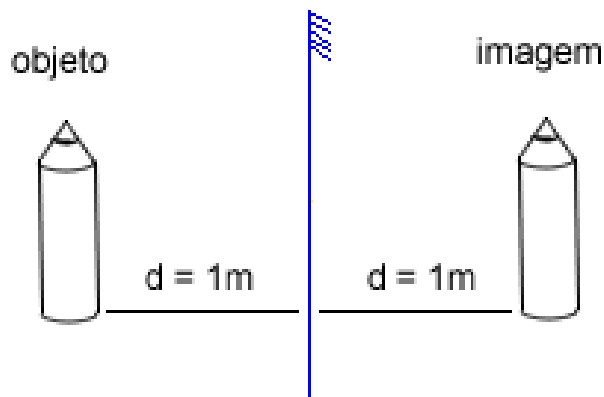
# Espelhos planos

- Um espelho plano é uma superfície lisa que reflete especularmente a luz. Se colocarmos um objeto extenso na frente de um espelho plano, a imagem aparecerá atrás do espelho e será formada pelo prolongamento dos raios refletidos pela superfície do espelho.



# Espelhos planos

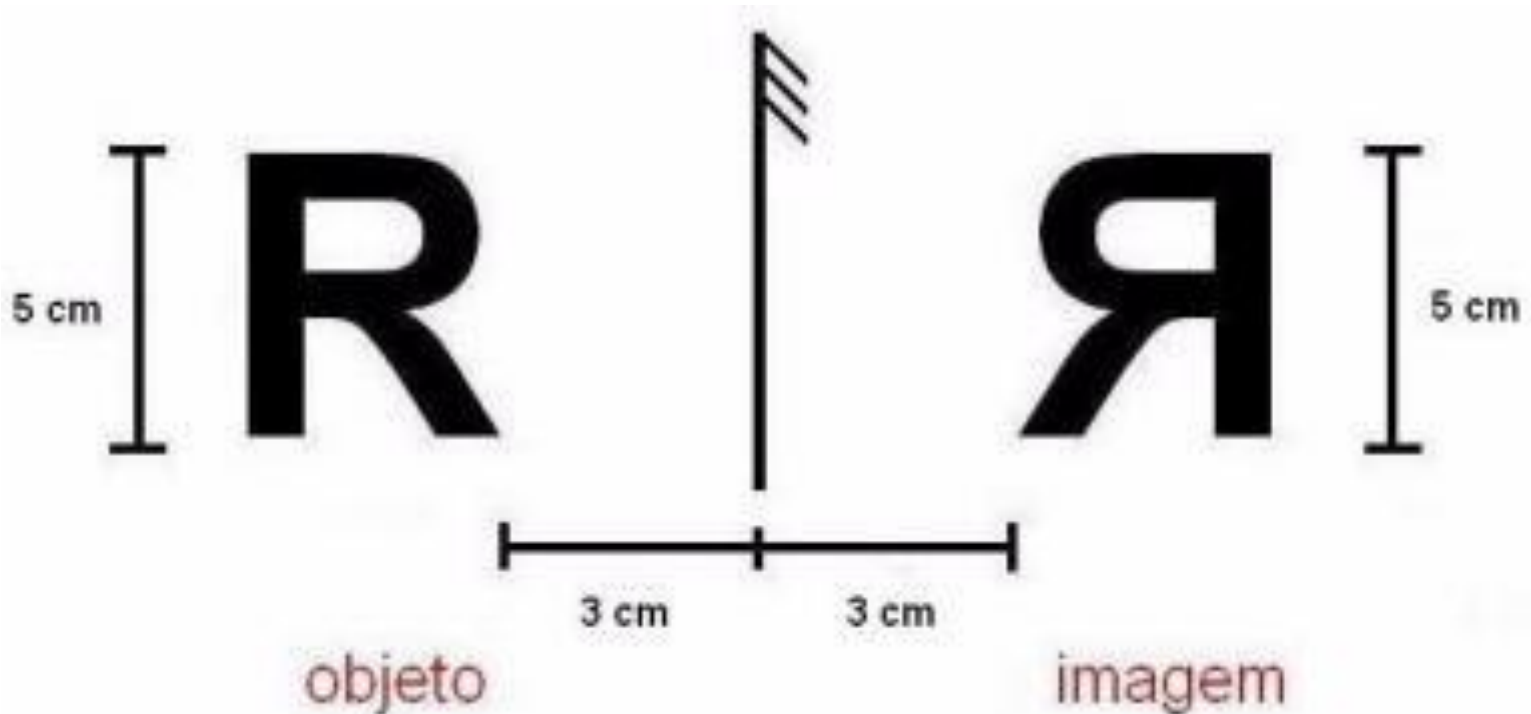
- A imagem é simétrica ao espelho, direita e tem o mesmo tamanho.
- Como é formada pelo prolongamento dos raios refletidos, é considerada virtual.
- A distância do objeto ao espelho é a mesma da imagem ao espelho.



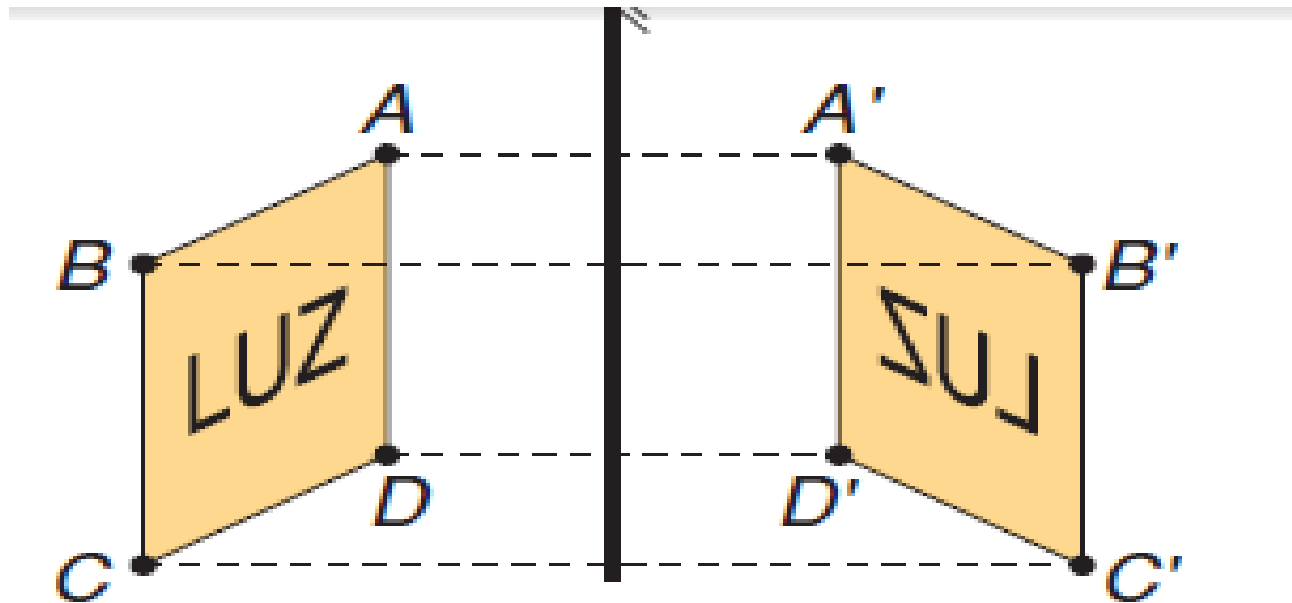


# Espelhos planos

- O espelho troca a direita pela esquerda e vice-versa, transformando-se, em alguns casos, em algo não identificável (como na figura a seguir).



# Espelho Plano



Assim, a imagem em um espelho plano é sempre:

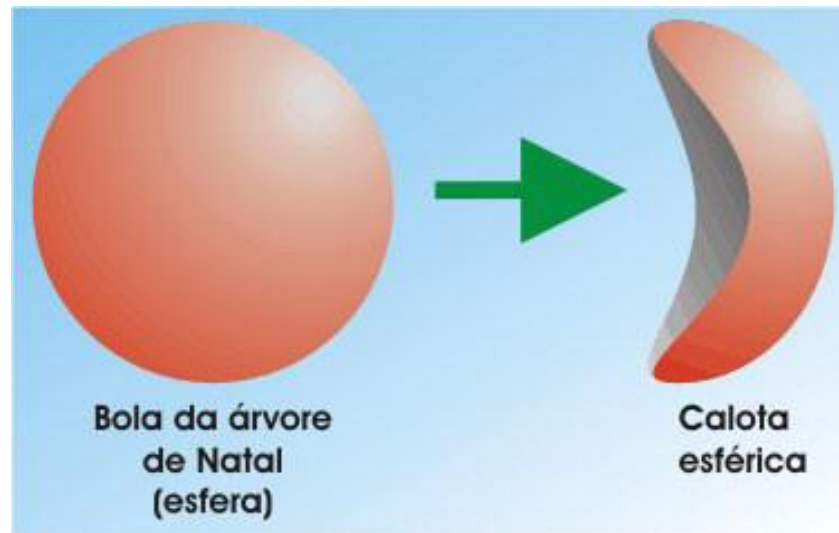
*Virtual, direita, de mesmo tamanho e revertida da direita para a esquerda.*

# Espelhos esféricos

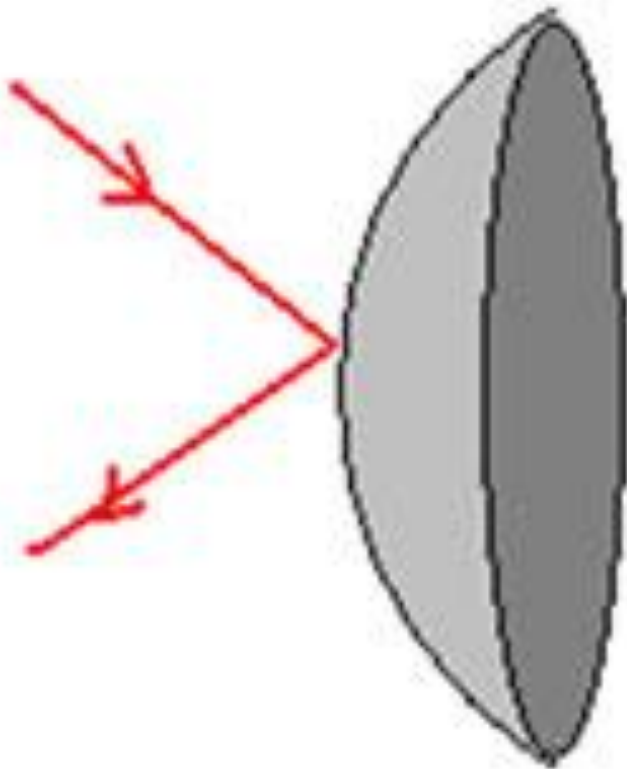


# Calota esférica

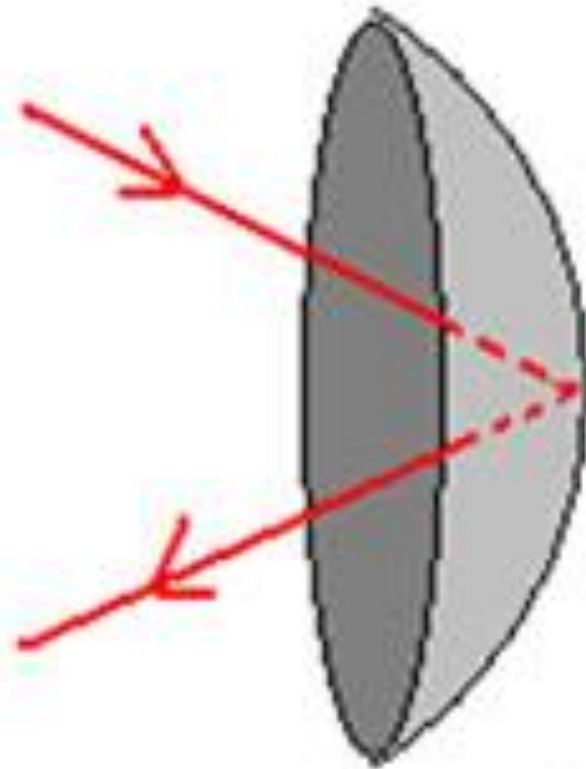
- Fazendo um corte em uma esfera oca (casca esférica) como por exemplo, uma bola da árvore de Natal), obtemos uma **calota esférica**.
- Se for espelhada, esta calota esférica funcionará como um espelho, onde a luz poderá ser refletida tanto na parte interna quanto na externa da superfície.



# Espelho Convexo e Côncavo

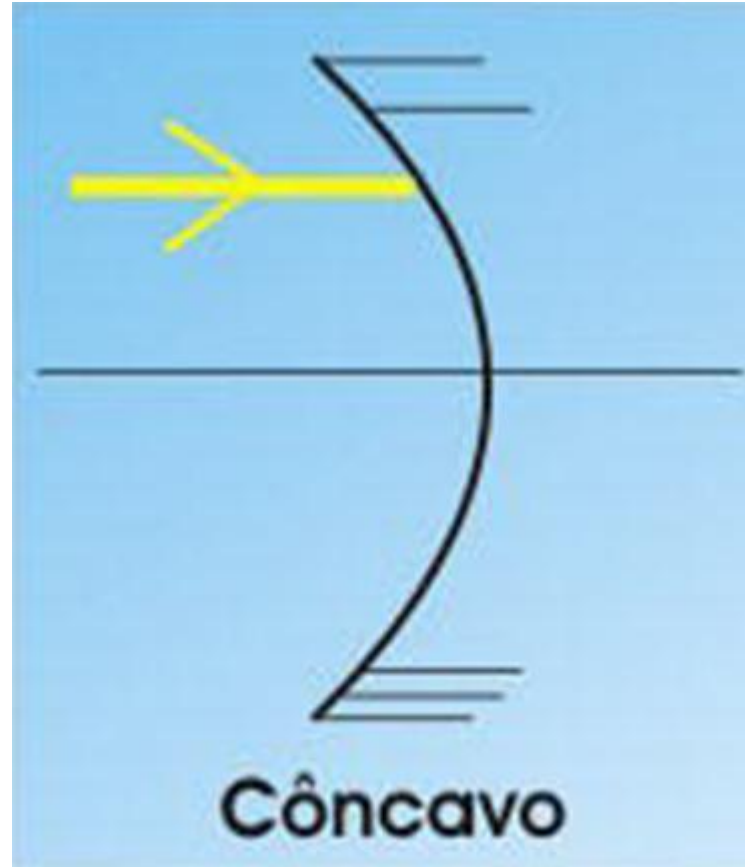
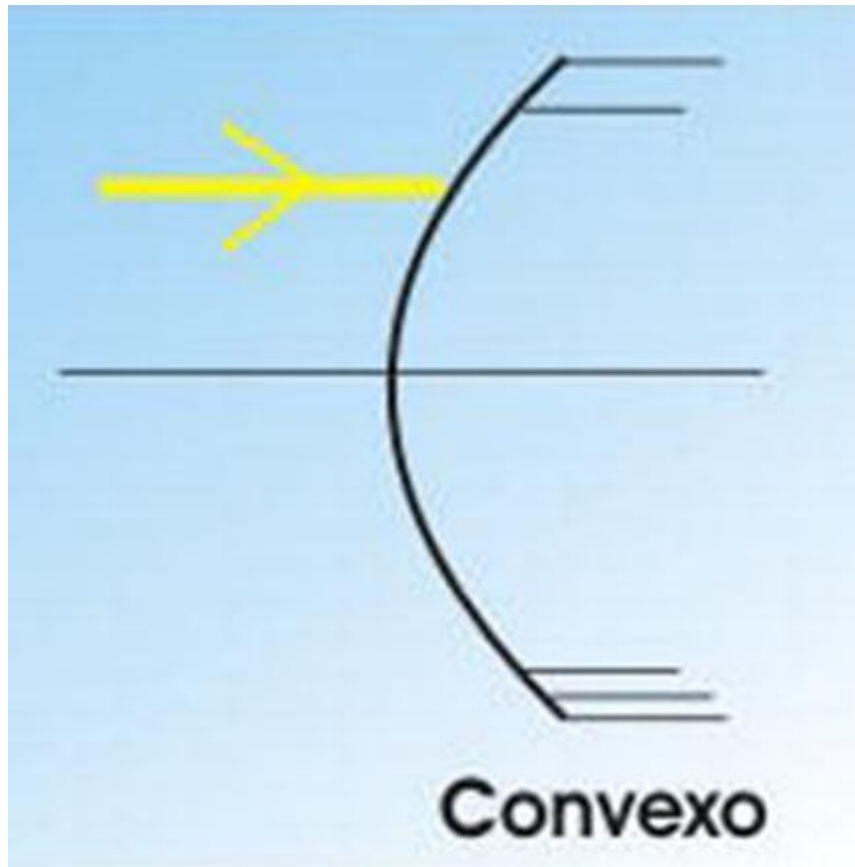


**espelho convexo**

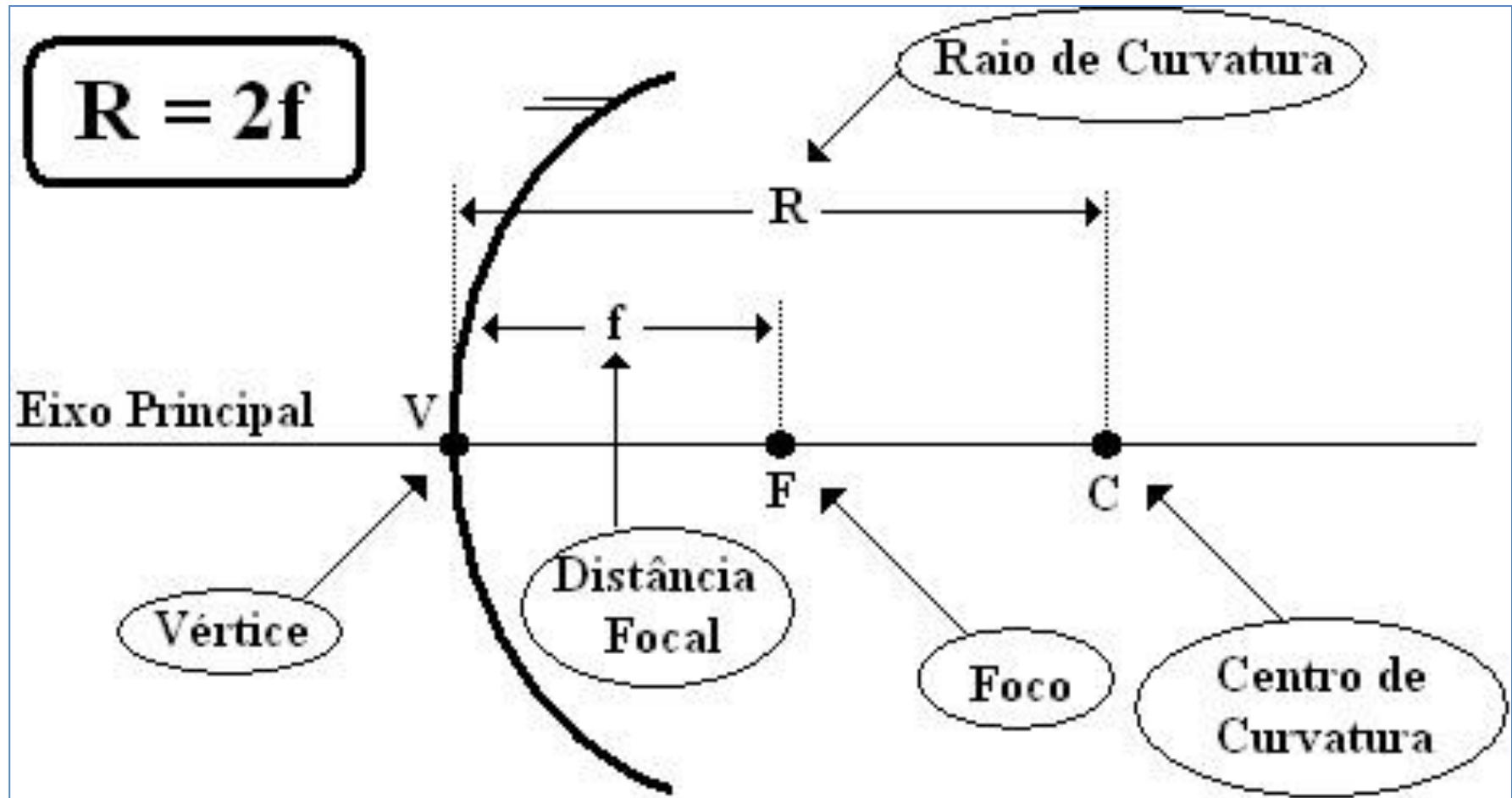


**espelho côncavo**

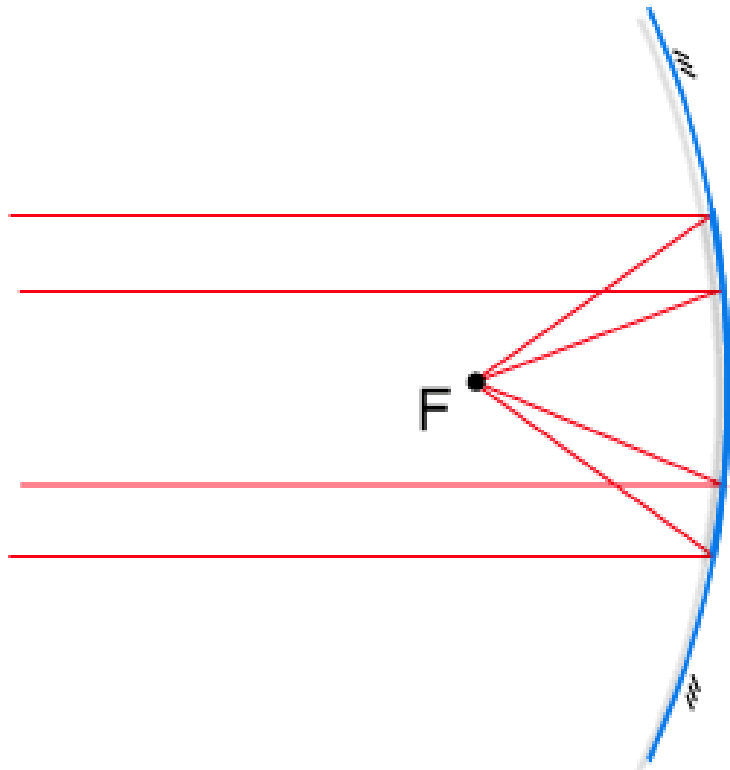
# Representação dos espelhos



# Elementos do espelho esférico

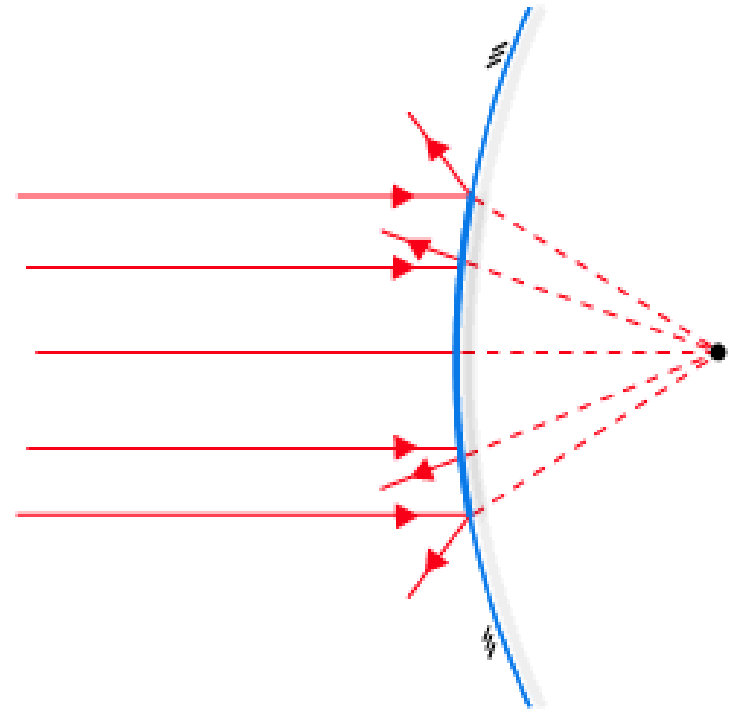


# Foco (F)



espelho côncavo

**Foco real**

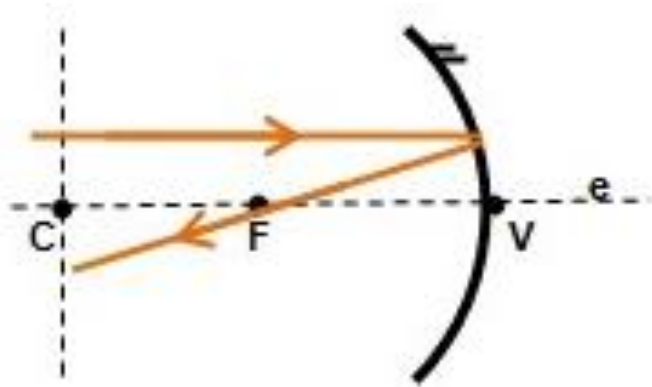


espelho convexo

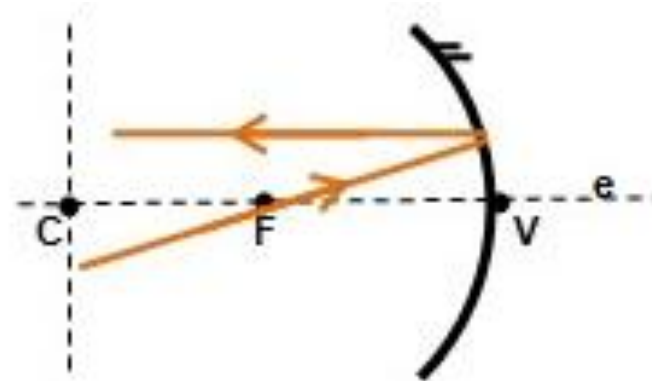
**Foco virtual**



# Propriedades dos raios luminosos

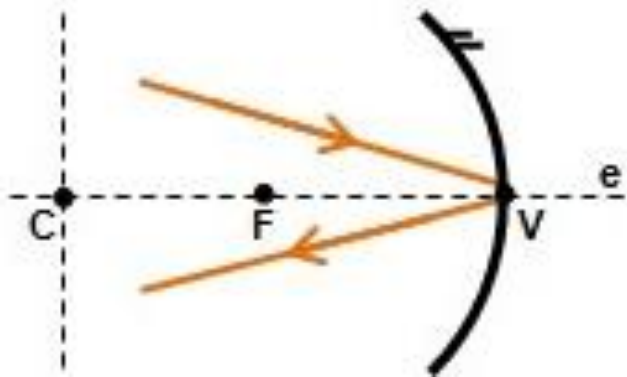


Todo raio de luz que incidir paralelamente ao eixo principal reflete-se passando pelo foco.

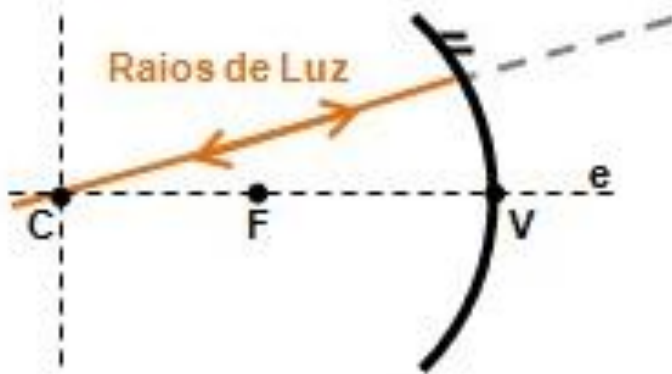


Todo raio de luz que incidir no espelho passando pelo foco, reflete-se paralelamente ao eixo principal.

# Propriedades dos raios luminosos



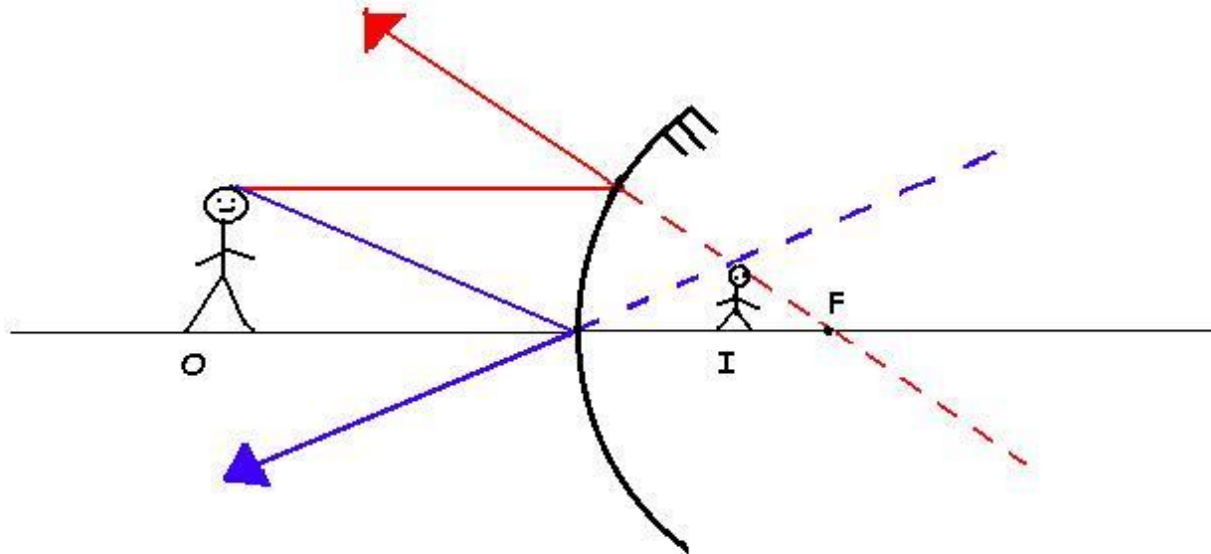
Todo raio de luz que incidir no vértice reflete-se de tal forma que o ângulo incidente e o de reflexão são iguais em relação ao eixo principal.



Todo raio de luz que incidente passando pelo centro de curvatura reflete-se sobre si mesmo.

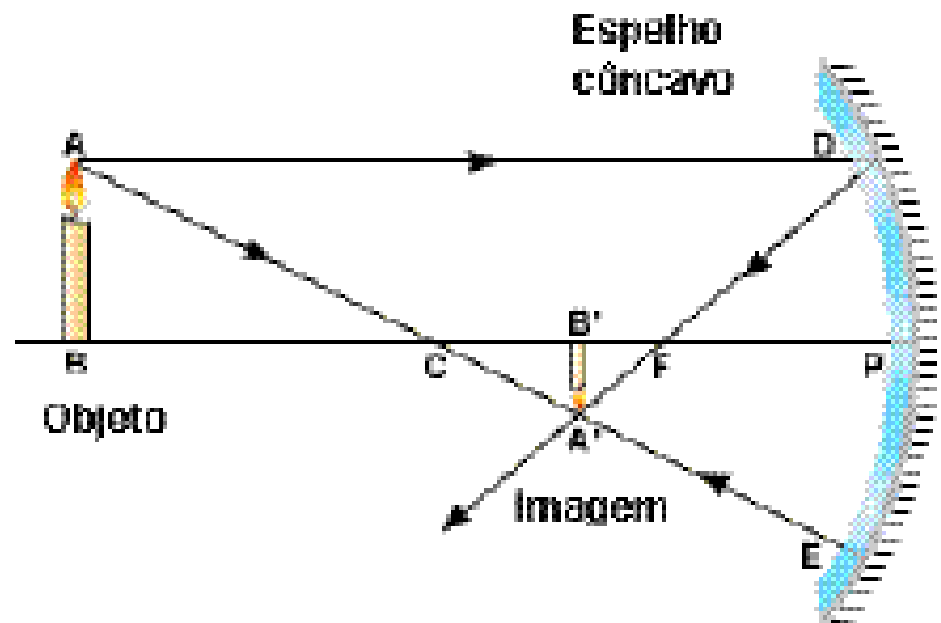
# Imagem Virtual

- É aquela que pode ser observada diretamente no espelho, pois é formada apenas em nossos olhos.
- É vista no ponto de encontro dos prolongamentos dos raios refletidos



# Imagem Real

- Pode ser observada apenas quando projetada em uma tela ou em um anteparo, essa imagem não pode ser vista olhando-se diretamente no espelho.
- É vista em um ponto onde realmente passam os raios refletidos



# Espelho Convexo

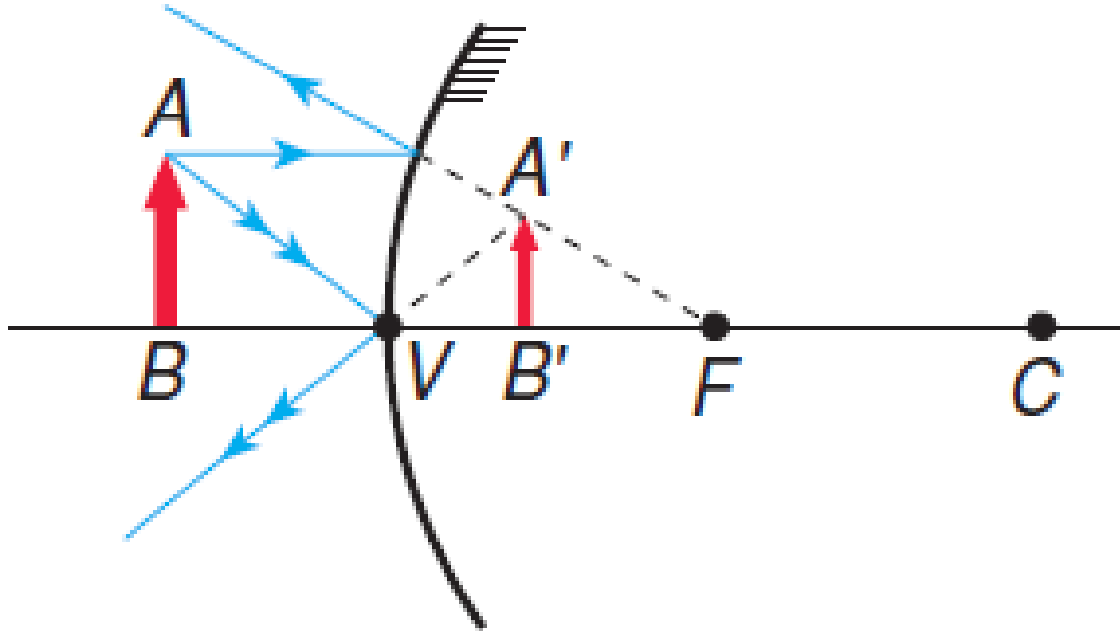
Os espelhos convexos são utilizados para “prolongar” a visão, ou seja, ampliar o campo visual se comparado ao que seria fornecido por espelhos planos por exemplo. São utilizados em ônibus, estacionamentos, mercados e em diversos outros locais.



# Espelho Convexo

Para determinarmos a imagem formada em um espelho convexo utilizamos os prolongamentos dos raios incidentes (por isso a imagem é virtual). Os raios mais usados são:

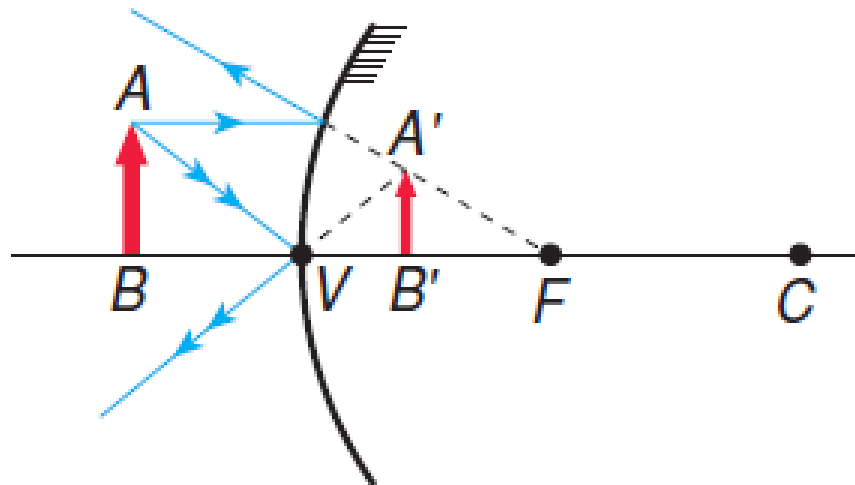
- o que sai paralelo e seu prolongamento passa pelo foco e
- o que reflete no vértice , cujo prolongamento se encontra com o outro raio formando a imagem.



# Espelho Convexo

Para um objeto real colocado em qualquer posição diante de um espelho convexo a imagem formada será:

- **Posição:** entre o foco e o vértice do espelho.
- **Natureza:** virtual
- **Orientação:** direita em relação ao espelho.
- **Tamanho:** menor que o objeto.

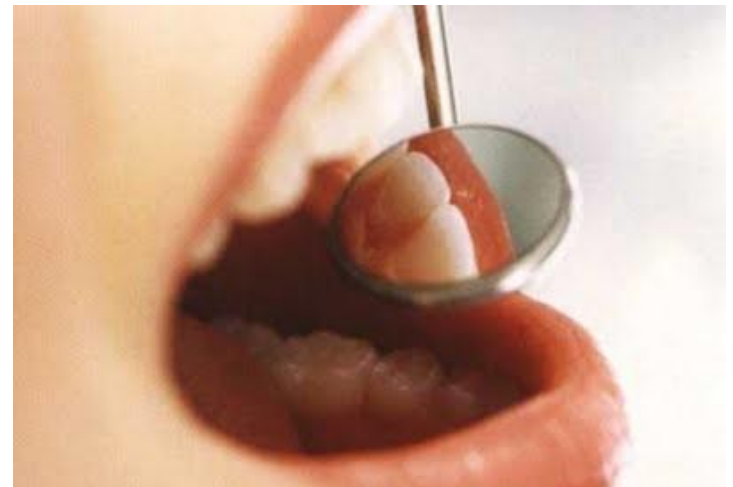


# Espelhos Côncavos

São utilizados em aplicações bem específicas, isso ocorre porque as imagens formadas variam de acordo com a posição do objeto.

Podem ser encontrados em alguns tipos de telescópios, projetores e também é comumente encontrado nos consultórios odontológicos, pois com ele é possível observar determinadas características dos dentes.

Isso se justifica pois diante dos espelhos côncavos onde o objeto se situa bem próximo do espelho, entre o vértice e o foco, a imagem é virtual, direta e ampliada, o que resulta em uma melhor nitidez e visualização das características do objeto.

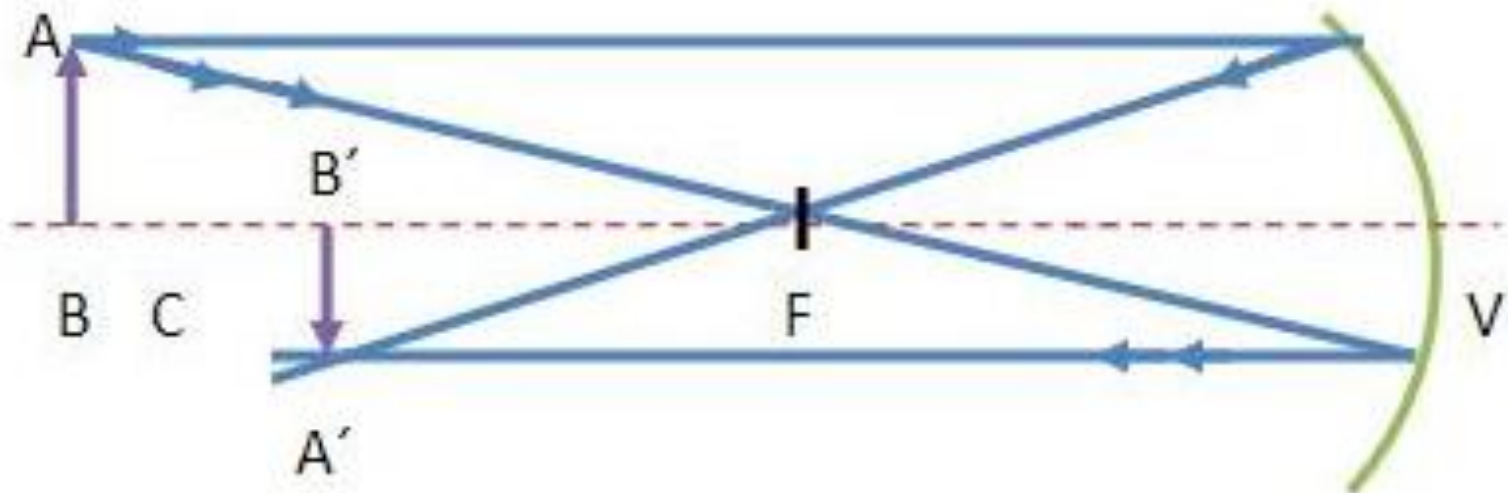




# Espelho Côncavo

I - Objeto real antes do centro de curvatura do espelho:

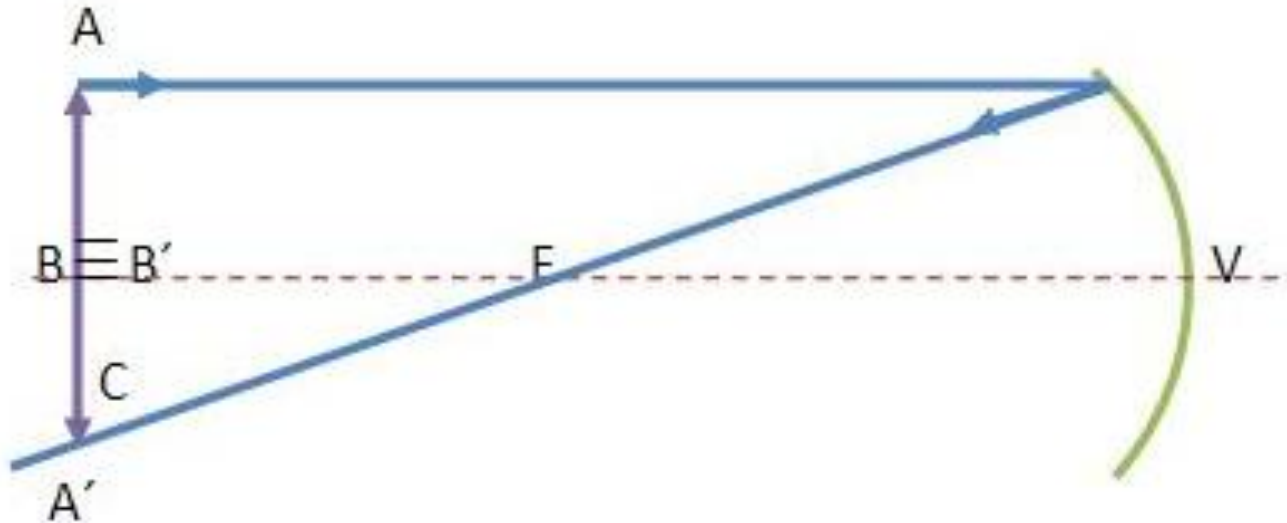
- **Posição da imagem:** entre o centro de curvatura e o foco do espelho.
- **Natureza:** real.
- **Orientação:** invertida em relação ao objeto.
- **Tamanho:** menor que o do objeto.



# Espelho Côncavo

II - Objeto real no centro de curvatura do espelho:

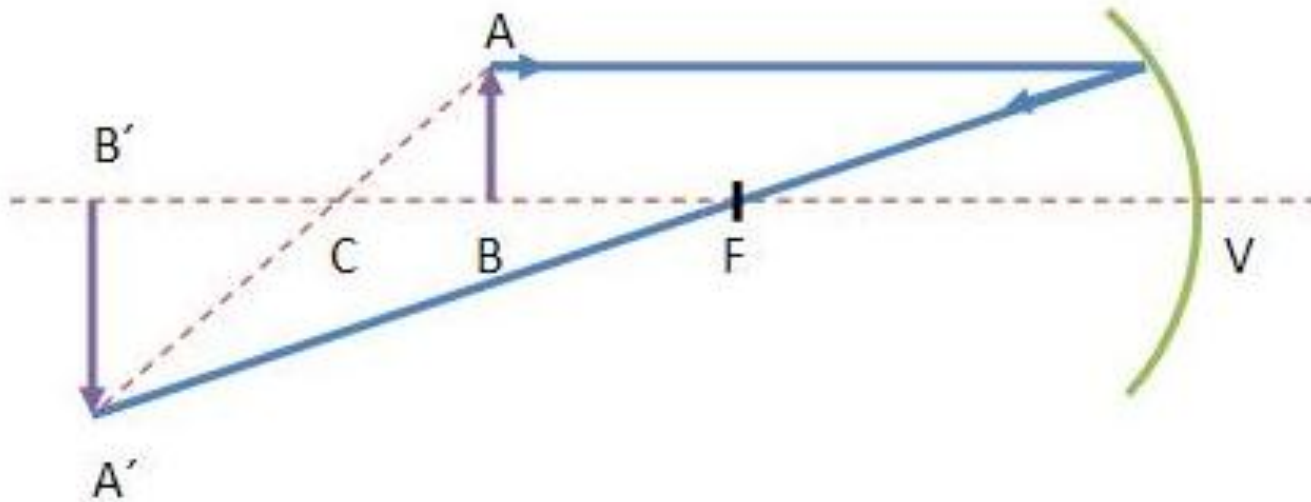
- **Posição da imagem:** no centro de curvatura.
- **Natureza:** real.
- **Orientação:** invertida em relação ao objeto.
- **Tamanho:** igual ao do objeto.



# Espelho Côncavo

III - Objeto real entre o centro de curvatura e o foco do espelho:

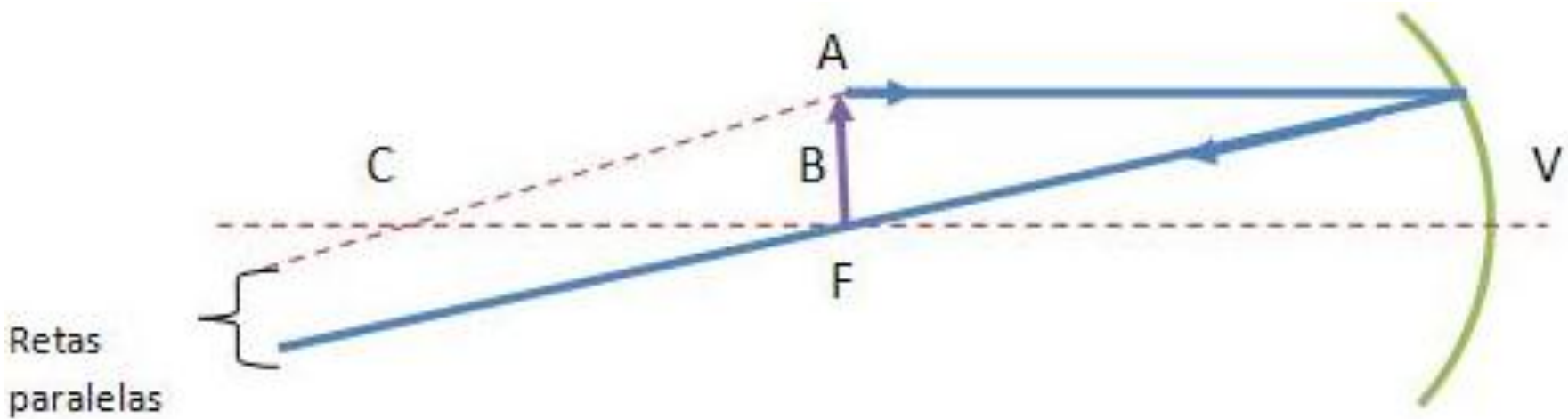
- **Posição da imagem:** antes do centro de curvatura.
- **Natureza:** real.
- **Orientação:** invertida em relação ao objeto.
- **Tamanho:** maior que o objeto.



# Espelho Côncavo

IV - Objeto real no foco do espelho:

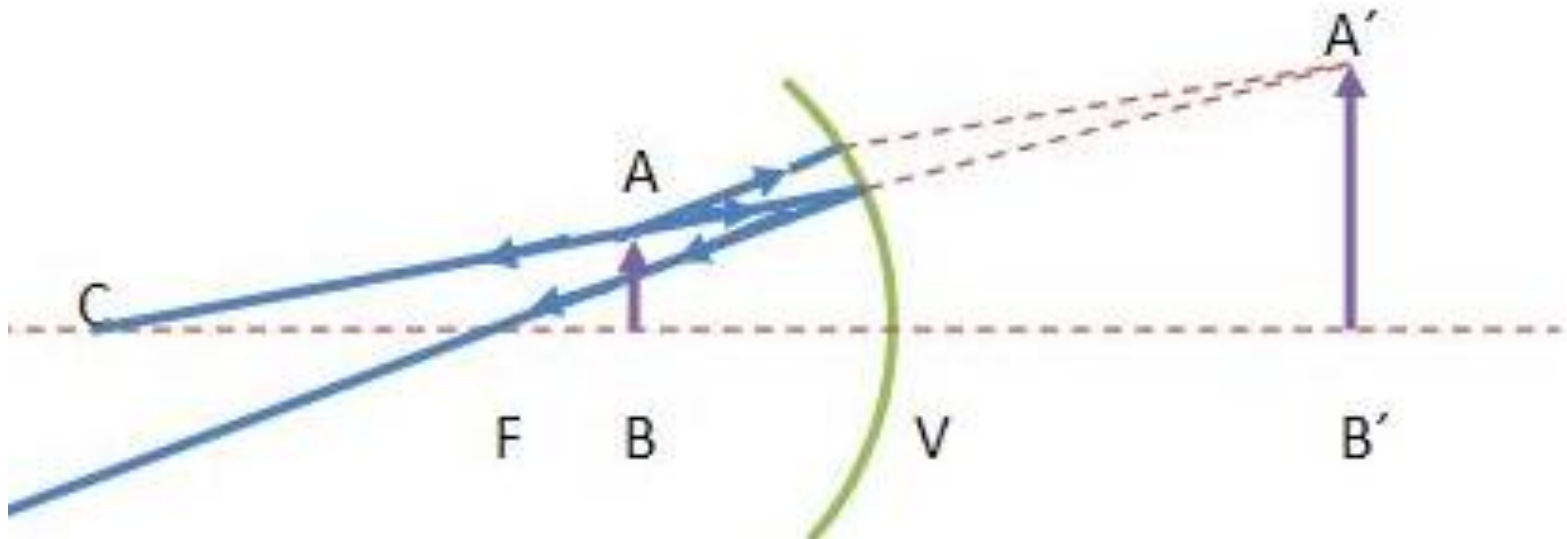
- Imagem imprópria  $\rightarrow$  localizada no infinito.



# Espelho Côncavo

V - Objeto real entre o foco e o vértice do espelho:

- **Posição da imagem:** atrás do espelho.
- **Natureza:** virtual.
- **Orientação:** direita em relação ao objeto.
- **Tamanho:** maior que o objeto.



# Determinação analítica de imagens em espelhos esféricos

$H_o$  → tamanho do objeto;

$H_i$  → tamanho da imagem;

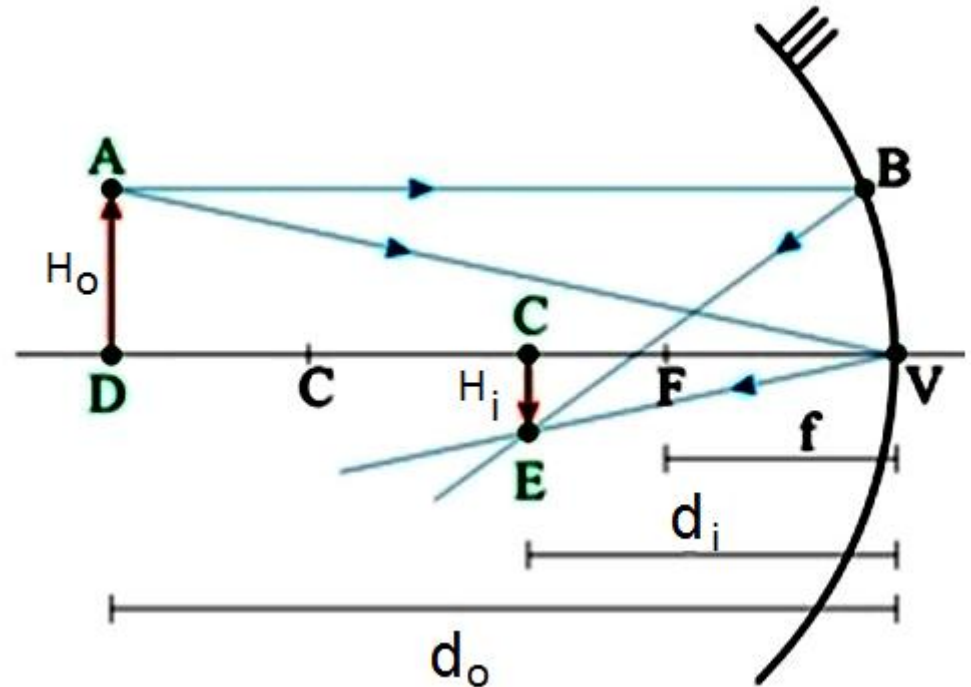
$f$  → distância focal do espelho;

$R$  → raio de curvatura do espelho;

$d_o$  → distância do objeto em relação ao vértice do espelho;

$d_i$  → distância da imagem em relação ao vértice do espelho.

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



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

# Aumento linear transversal da imagem

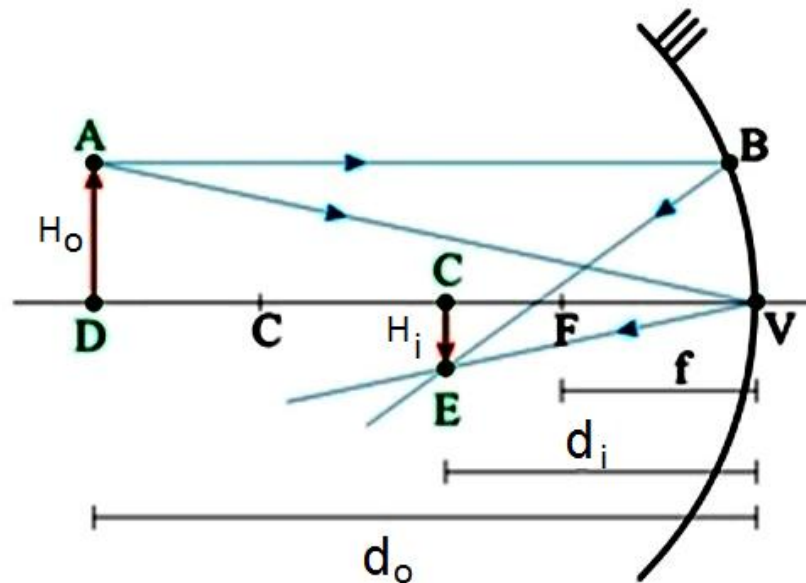
$$A = \frac{H_i}{H_o}$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$|A| = 1 \rightarrow$  imagem do mesmo tamanho que o objeto

$|A| > 1 \rightarrow$  imagem é maior que o objeto

$0 < |A| < 1 \rightarrow$  imagem é menor que o objeto



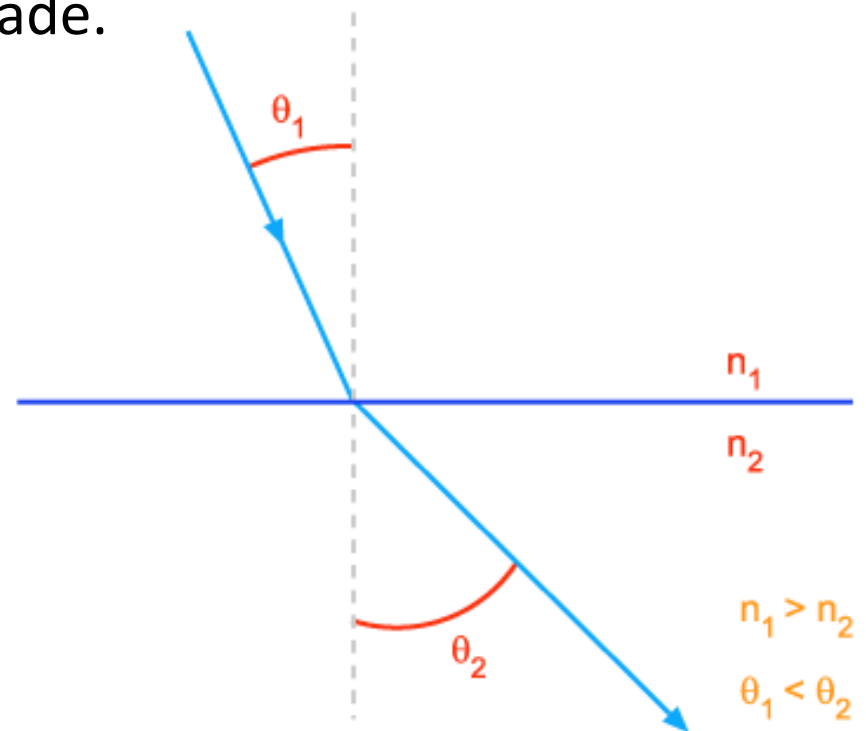
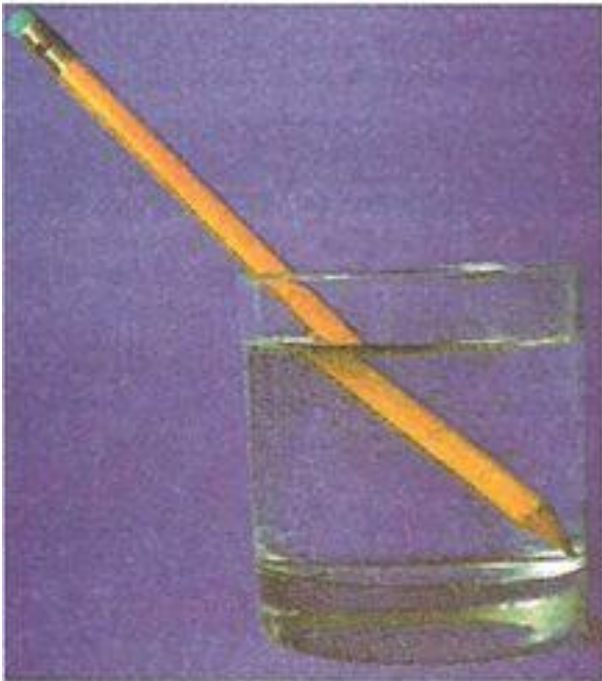
# Convenção de sinais - espelhos

	Maior que zero ( $> 0$ ) / sinal +	Menor que zero ( $< 0$ ) / sinal -
<b>f</b>	Espelho côncavo	Espelho convexo
<b>d<sub>o</sub></b>	Objeto real	Objeto virtual
<b>d<sub>i</sub></b>	Imagem real	Imagem virtual
<b>H<sub>o</sub></b>	Objeto “para cima”	Objeto “para baixo”
<b>H<sub>i</sub></b>	Imagem “para cima”	Imagem “para baixo”
<b>A</b>	Imagem direita em relação ao objeto	Imagem invertida em relação ao objeto



# Refração da luz

- Quando o meio de propagação de uma onda muda, ocorre uma mudança em sua velocidade. Se a incidência do raio de luz na interface, que separa os dois meios de propagação, for oblíqua (medida em relação à normal), ela sofrerá um desvio além da mudança na velocidade.



# Refração da luz

O índice de refração dos meios é nomeado de  $n_1$  e  $n_2$ . Definimos o índice de refração ( $n$ ) como a razão entre a velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8$  m/s) e a velocidade no meio. Dessa forma:

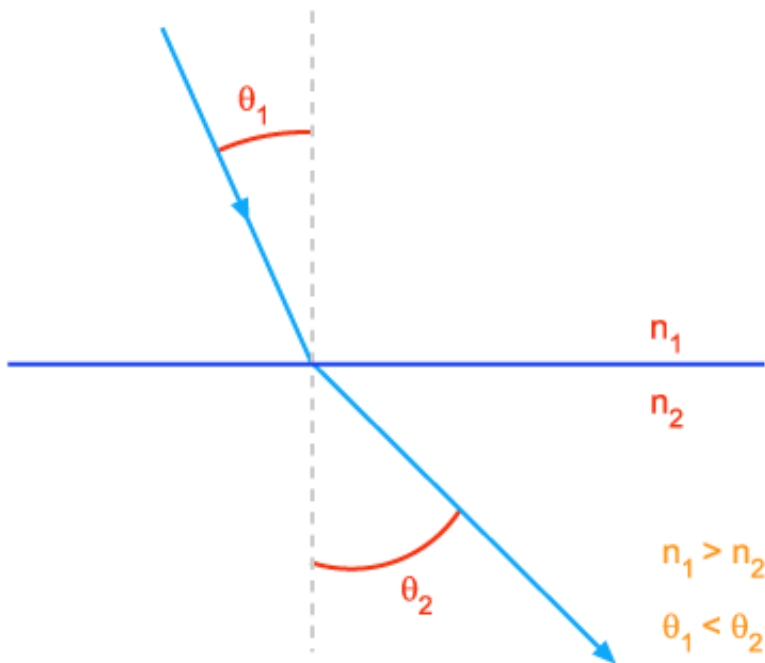
$$n = \frac{c}{v}$$

Assim:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}$$

$$n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$n_1 \cdot v_1 = n_2 \cdot v_2$$



# Refração da luz

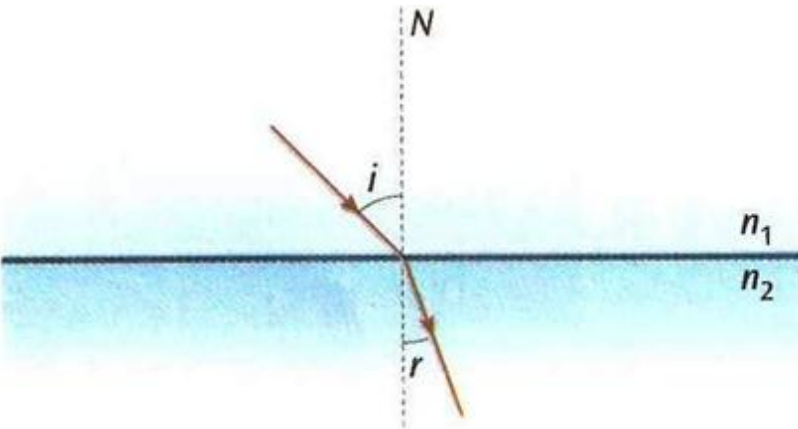
A relação entre os índices de refração, os ângulos de incidência e refração é dado pela Lei de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$$

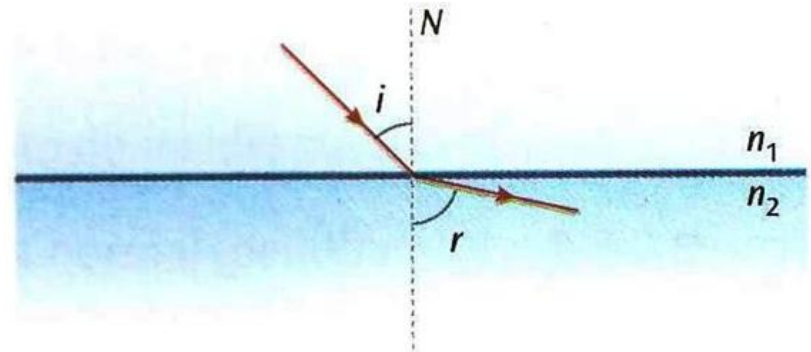
Temos também que:

$$n_1 \cdot v_1 = n_2 \cdot v_2$$

$$n_2 > n_1 \rightarrow \theta_2 < \theta_1$$
$$v_2 < v_1$$



$$n_2 < n_1 \rightarrow \theta_2 > \theta_1$$
$$v_2 > v_1$$



# Lentes

As lentes estão entre os sistemas óticos com mais aplicações, entre eles a máquina fotográfica, os óculos, o telescópio e até mesmo o nosso olho.

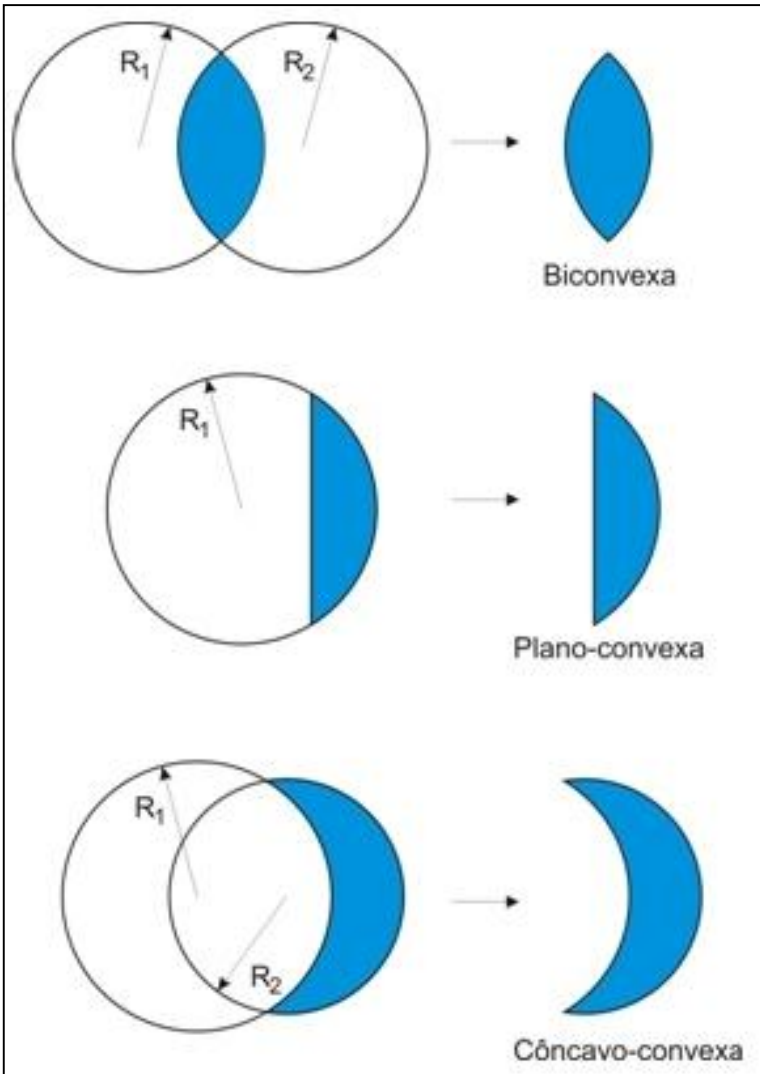
Com a lente podemos aumentar ou reduzir o tamanho de um objeto, e pode chegar a milhares de vezes.

As lentes mais comuns são aquelas constituídas de vidro ou de acrílico (óculos, por exemplo).

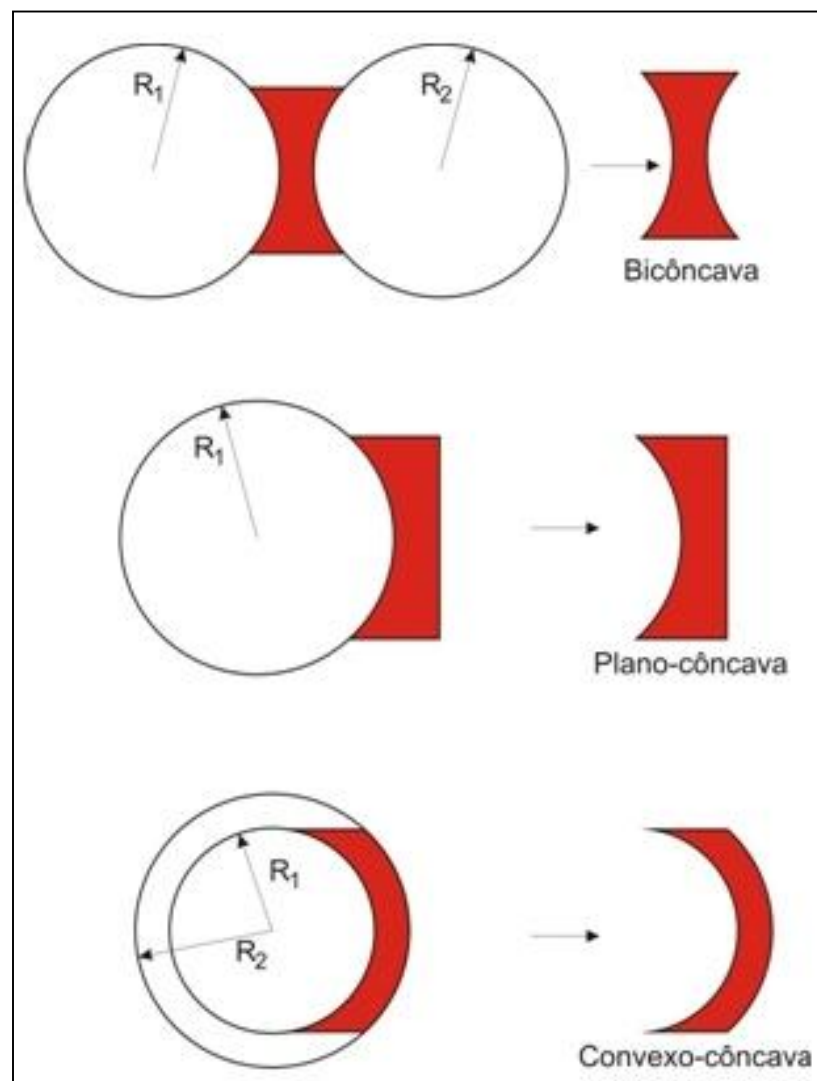


# Lentes de bordas finas

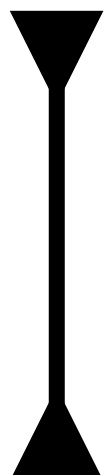
# Lentes de bordas grossas



**Convergentes**

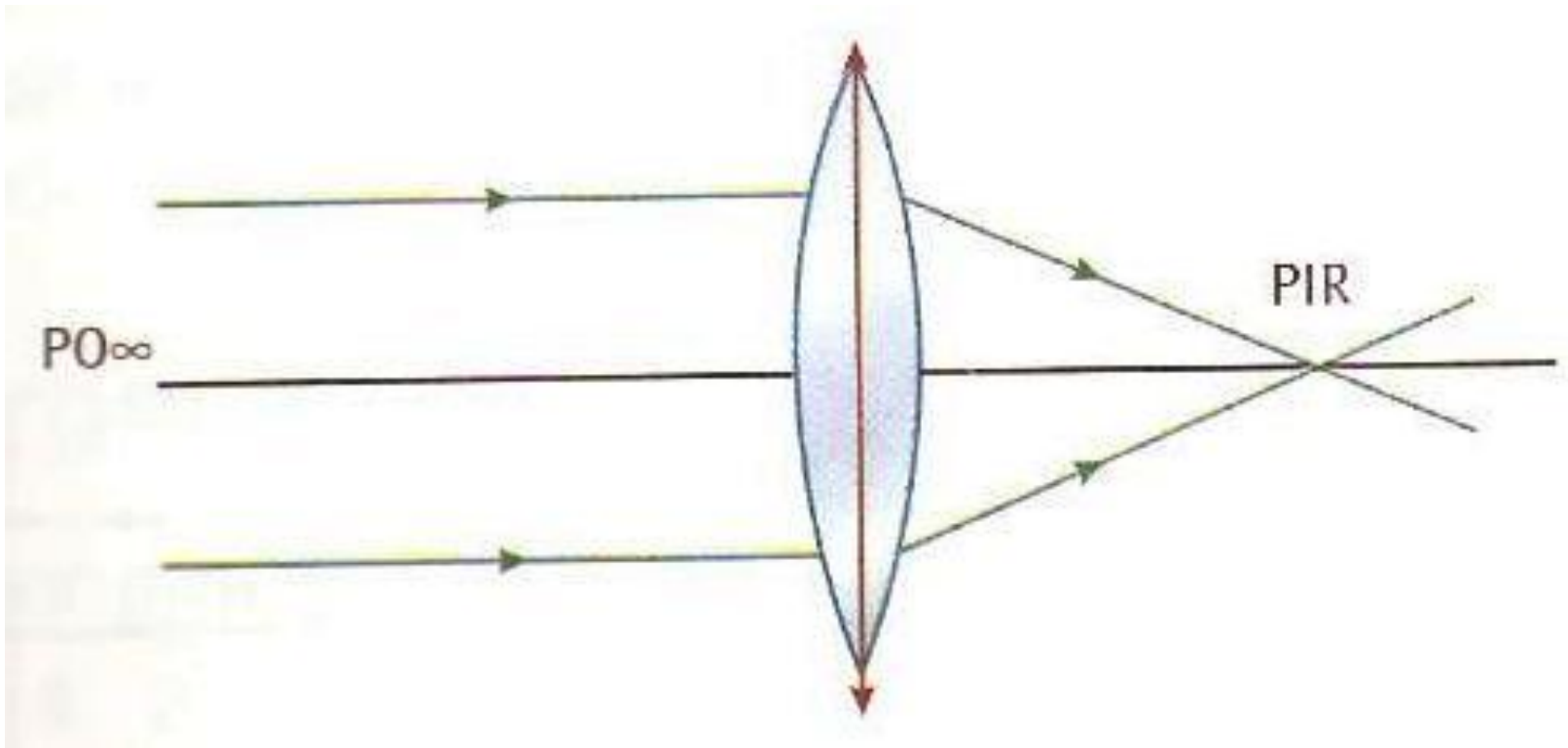


**Divergentes**



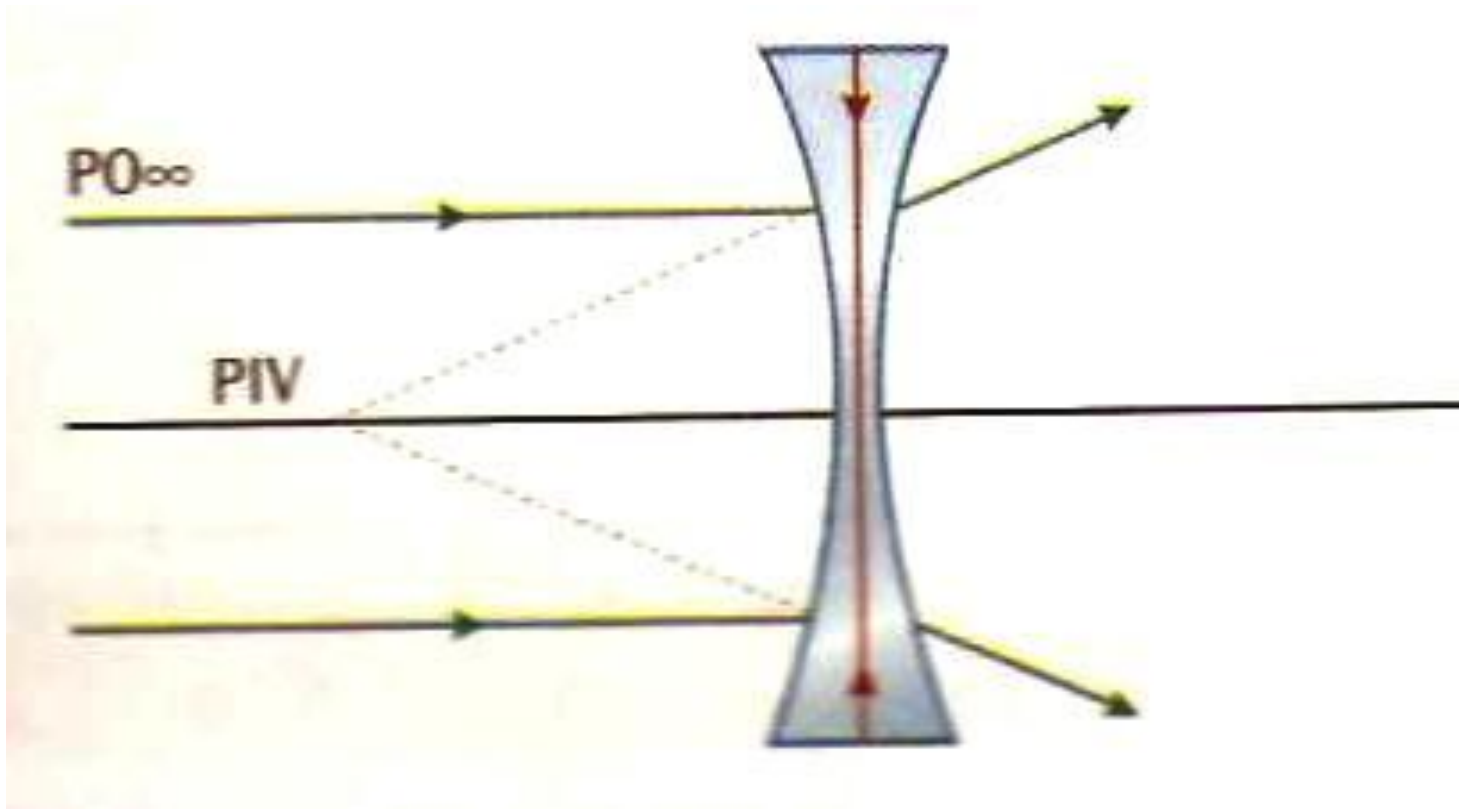
# Lente Convergente

Um feixe de luz paralelo incidente nela forma um ponto imagem real.

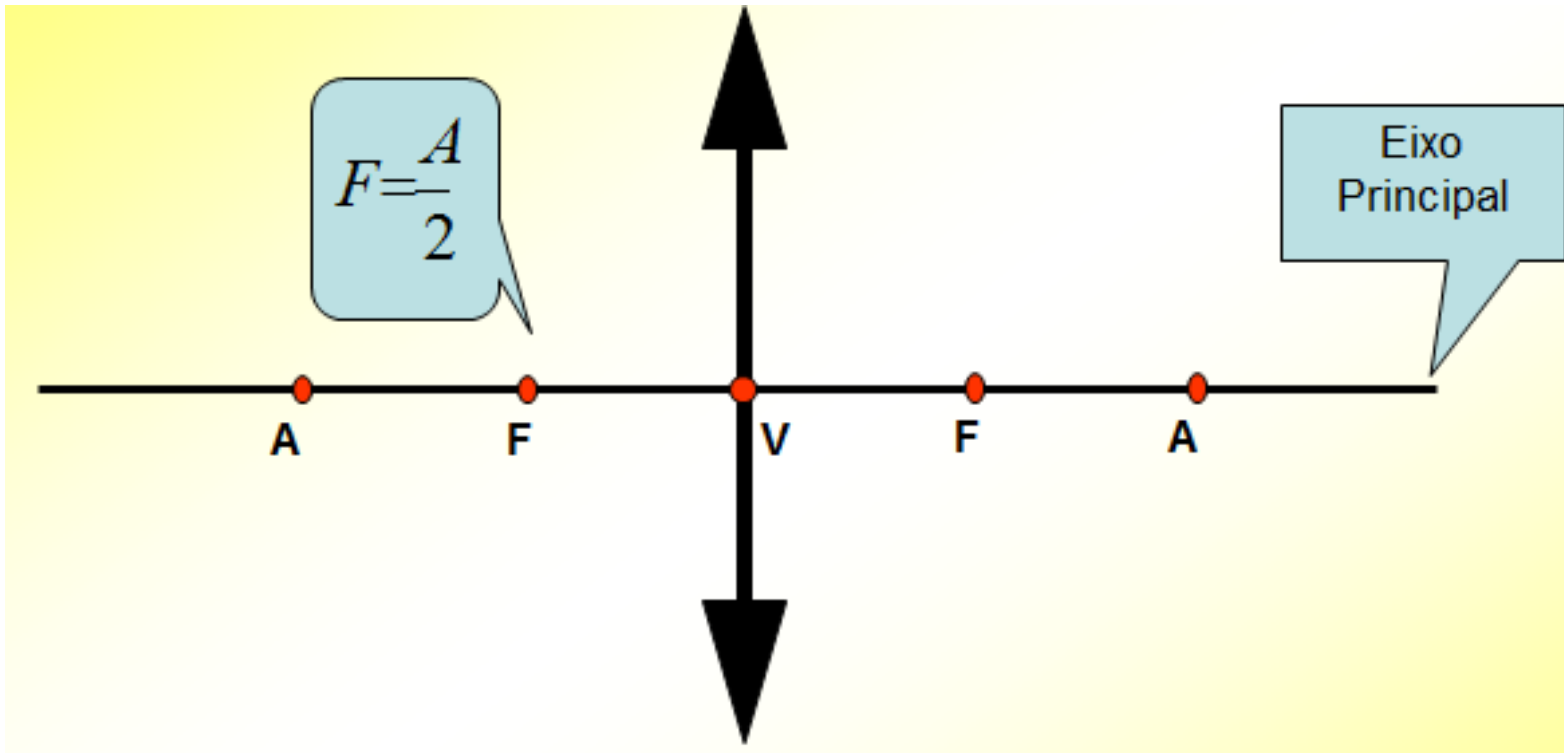


# Lente Divergente

Um feixe de luz paralelo incidente nela forma um ponto imagem virtual.



# Elementos da Lentes Esféricas



Centro óptico ou vértice (V): Cruzamento do eixo principal com a lente.

Ponto Anti-principal: A = 2F.

Foco (F): Distância focal, definida pelo ponto médio entre **A** e **V**.



# Lentes

A relação entre a imagem, objeto e foco para as lentes é a mesma dos espelhos esféricos:

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

A relação de aumento também são as mesmas:

$$A = \frac{H_i}{H_o}$$

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

As propriedades dos raios luminosos para a formação das imagens são as mesmas dos espelhos esféricos.

**H<sub>o</sub>** → tamanho do objeto;

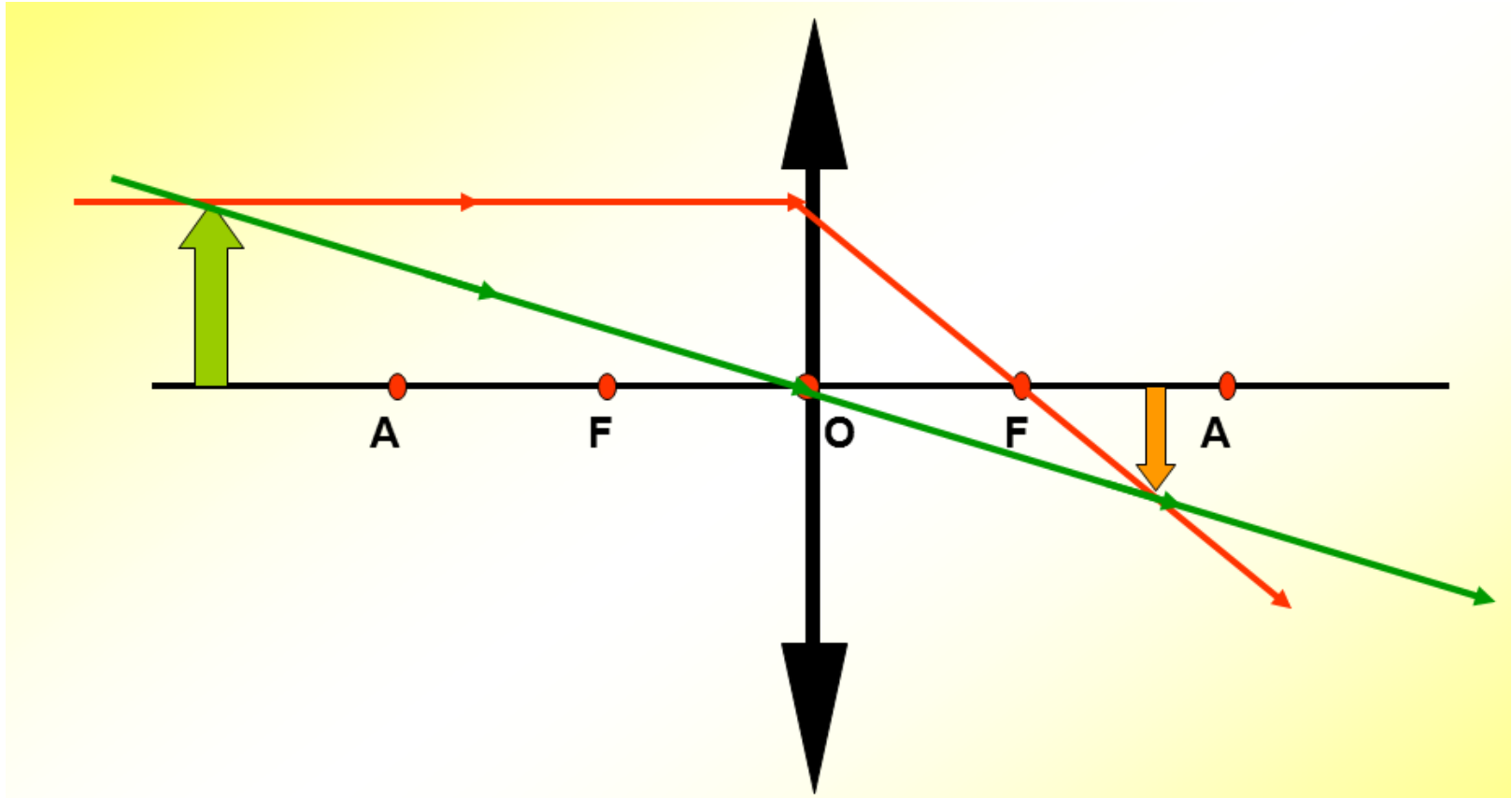
**H<sub>i</sub>** → tamanho da imagem;

**f** → distância focal da lente;

**d<sub>o</sub>** → distância do objeto em relação ao vértice da lente;

**d<sub>i</sub>** → distância da imagem em relação ao vértice da lente.

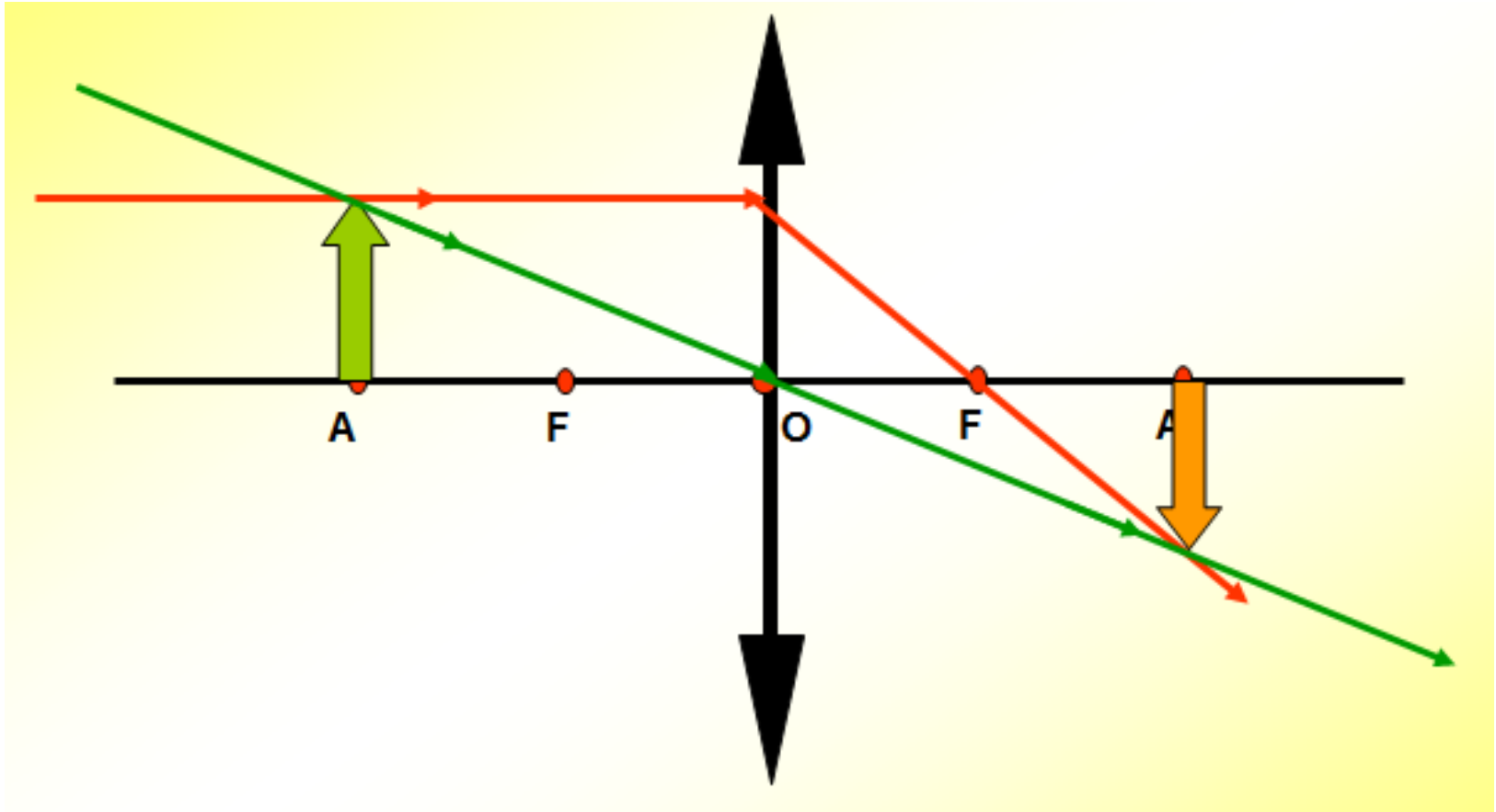
# Formação de imagens: Lentes Convergentes



**Imagem: Real, Invertida e Menor**

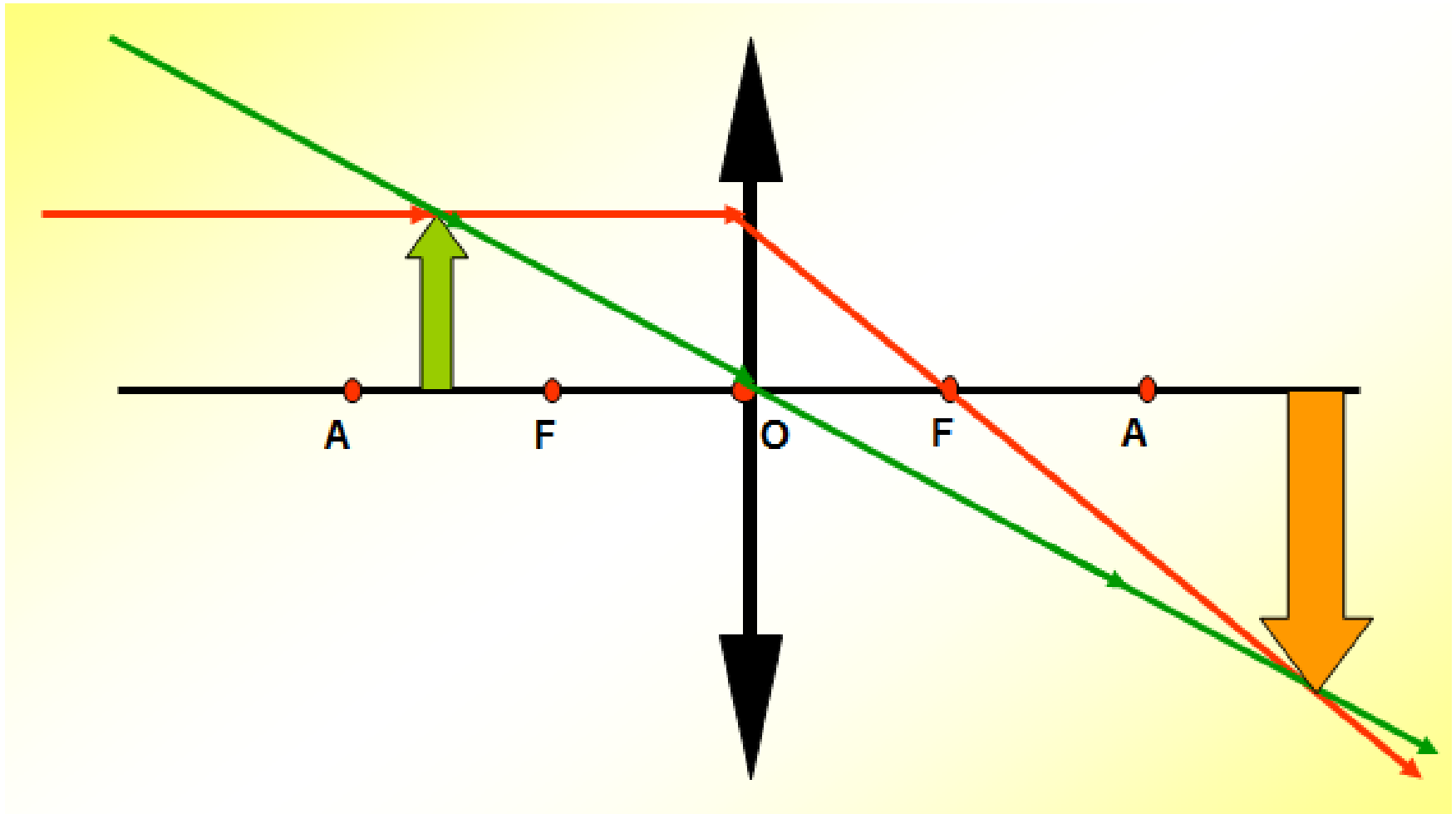
**Máquina Fotográfica, Olho.**

# Formação de imagens: Lentes Convergentes



**Imagem: Real, Invertida e Igual**

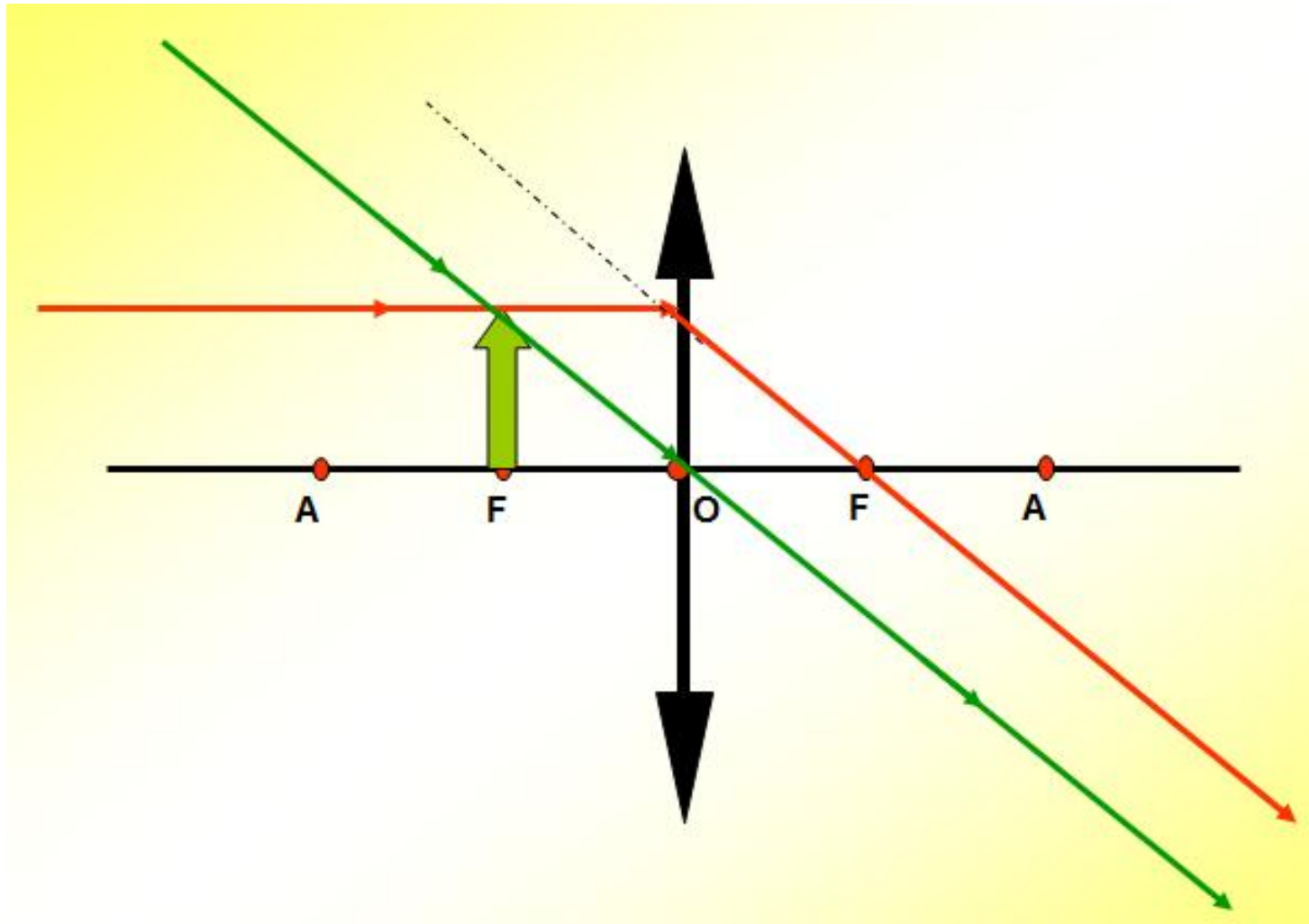
# Formação de imagens: Lentes Convergentes



**Imagem: Real, Invertida e Maior**

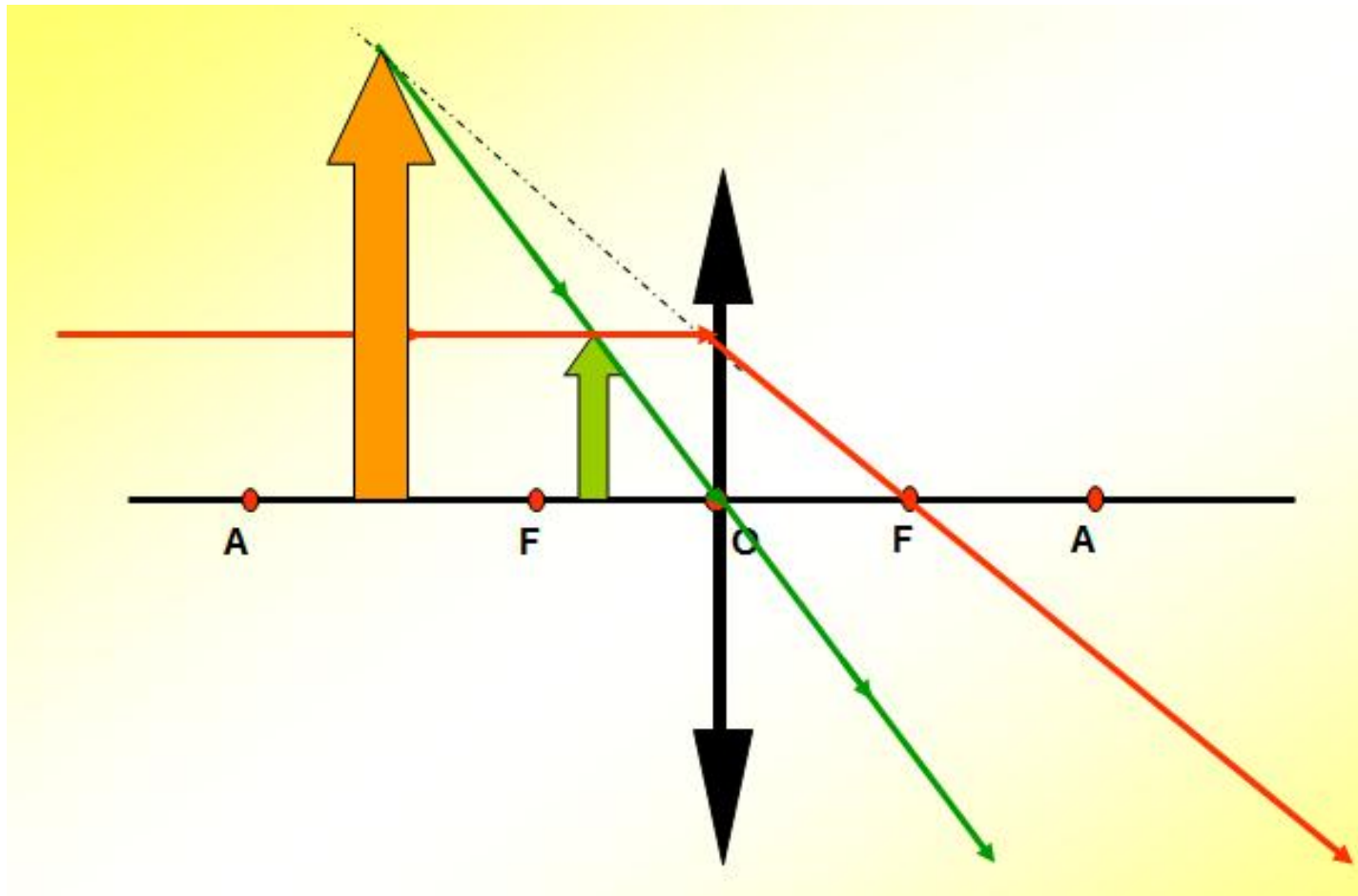
**Cinema, Projetor de Slide.**

# Formação de imagens: Lentes Convergentes



**Imagem Imprópria**

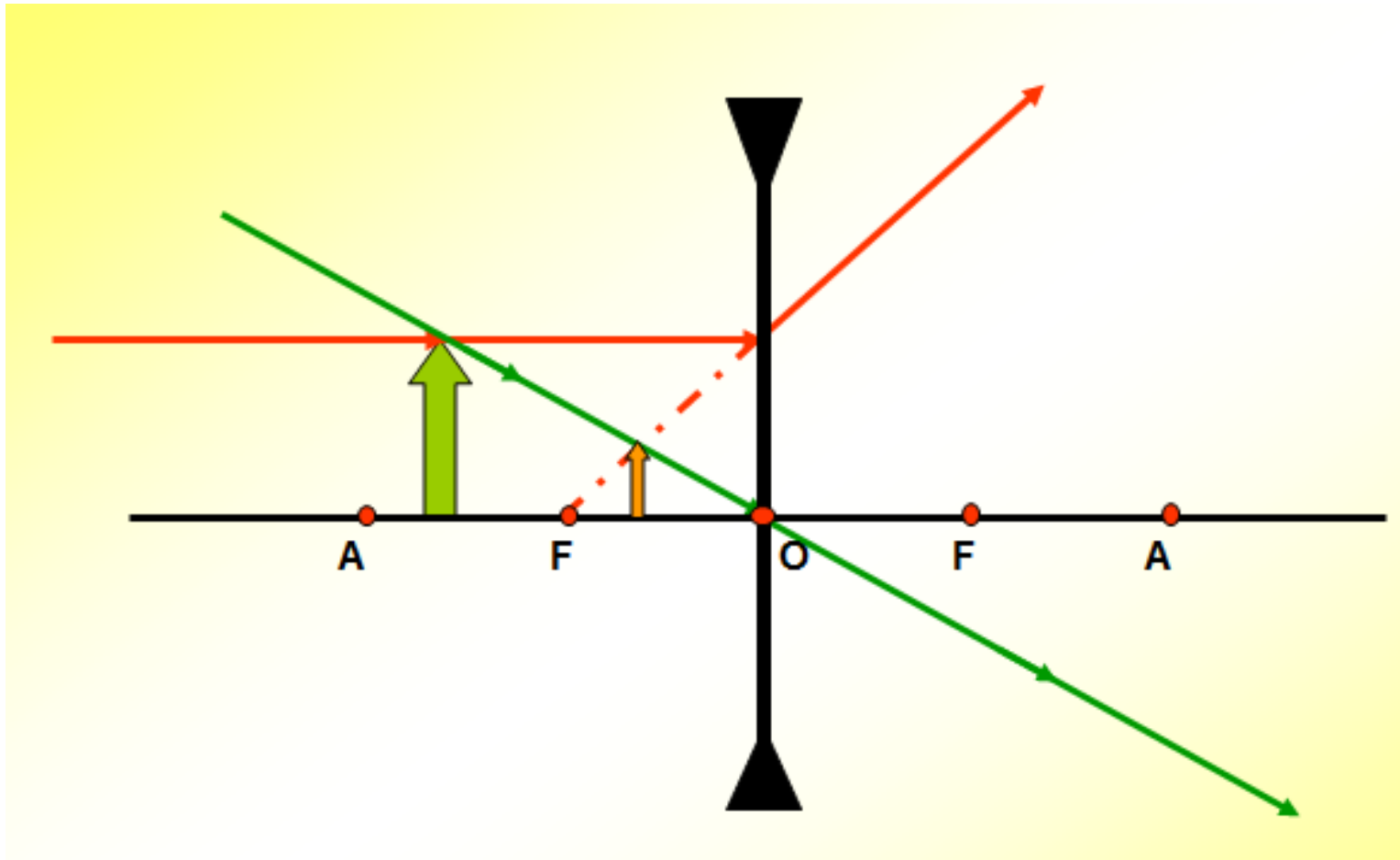
# Formação de imagens: Lentes Convergentes



**Imagem: Virtual, Direita e Maior**

**Lupa, Correção de Hipermetropia e Presbiopia**

# Formação de imagens: Lentes Divergentes



**Imagem: Virtual, Direita e Menor**

**Correção de Miopia.**

# Convenção de sinais - lentes

	Maior que zero ( $> 0$ ) / sinal +	Menor que zero ( $< 0$ ) / sinal -
<b>f</b>	Lente convergente	Lente divergente
<b>d<sub>o</sub></b>	Objeto real	Objeto virtual
<b>d<sub>i</sub></b>	Imagem real	Imagem virtual
<b>H<sub>o</sub></b>	Objeto “para cima”	Objeto “para baixo”
<b>H<sub>i</sub></b>	Imagem “para cima”	Imagem “para baixo”
<b>A</b>	Imagem direita em relação ao objeto	Imagem invertida em relação ao objeto



# Lentes Convergentes x Divergentes

As lentes convergentes formam imagens reais e invertidas dos objetos (exceto quando o objeto está localizado antes do foco da lente).

As lentes divergentes formam imagens sempre virtuais e menores dos objetos.

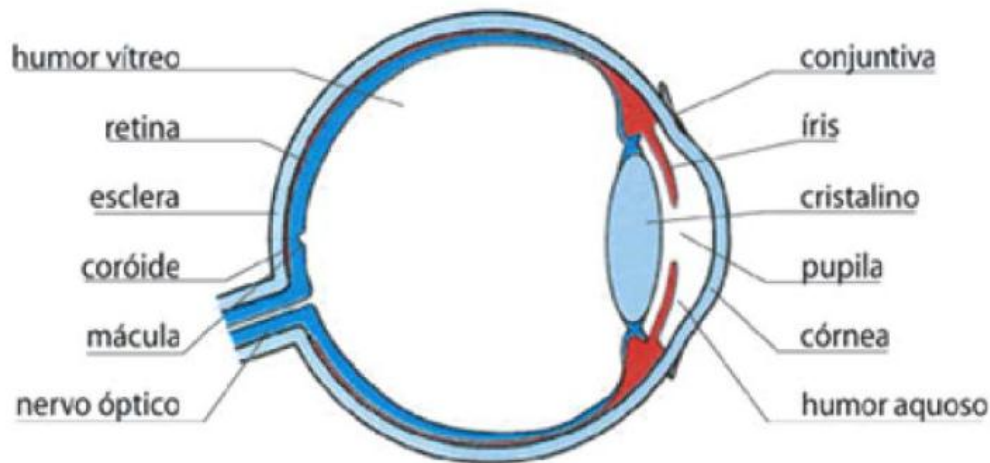
# Unidade 8: Instrumentos Óticos

Aplicações e exemplos de lentes:

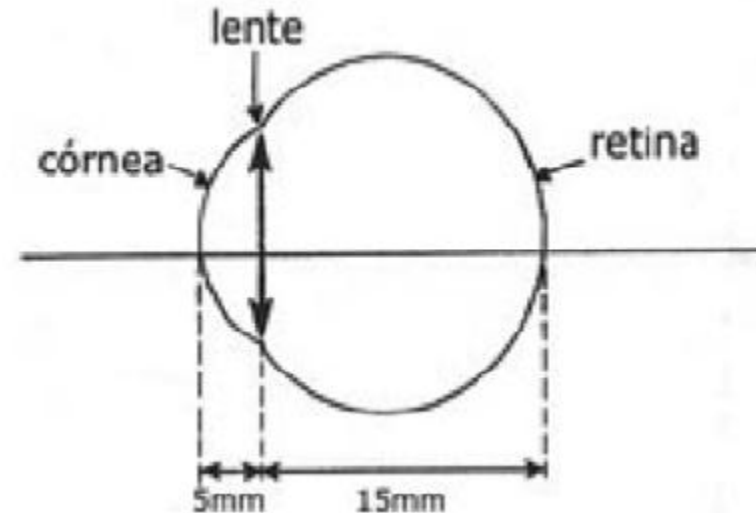
- Olho humano
- A lupa
- A máquina fotográfica
- O microscópio

# Olho humano

O olho humano nos permite enxergar tanto de perto quanto de longe, controlar a quantidade de luz que entra com a abertura e fechamento das pupilas, focar objetos próximos e enxergar detalhes.



Fonte: OLHO humano. In: Site "Só Física".

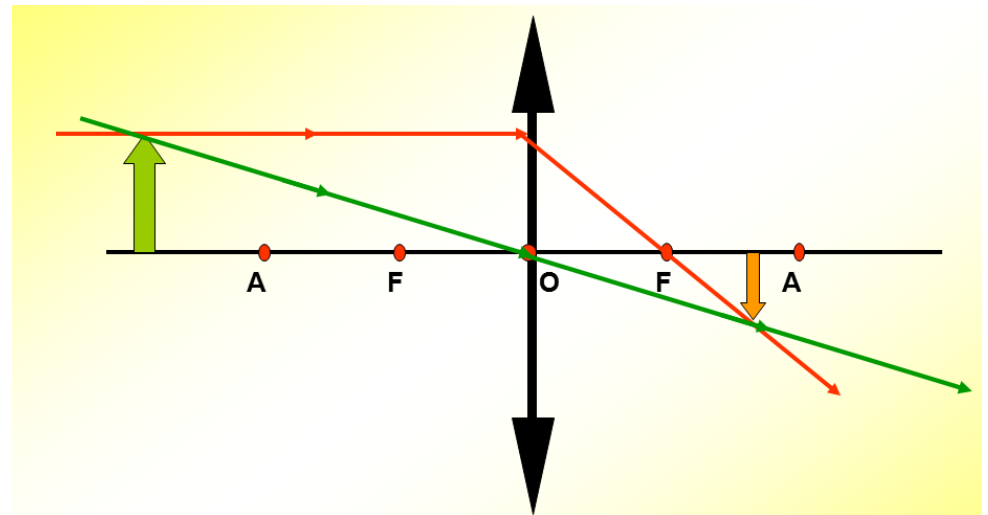
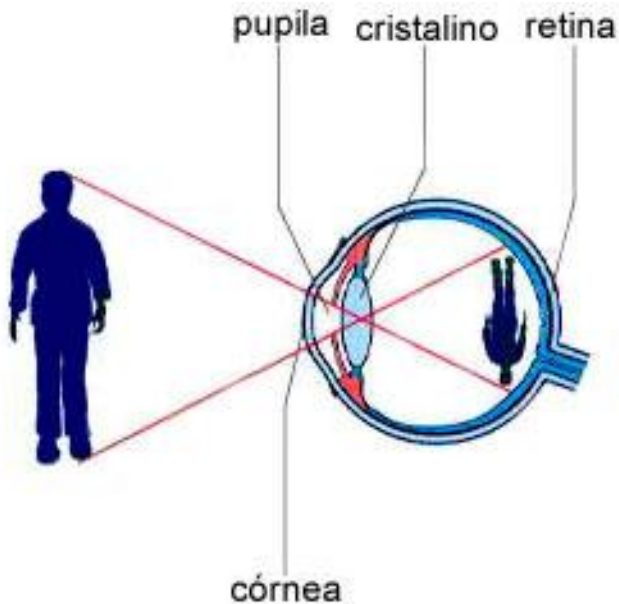


Olho simplificado: o cristalino foi substituído por uma lente convergente.

As imagens formadas na retina são então invertidas, reais e menores que os objetos.

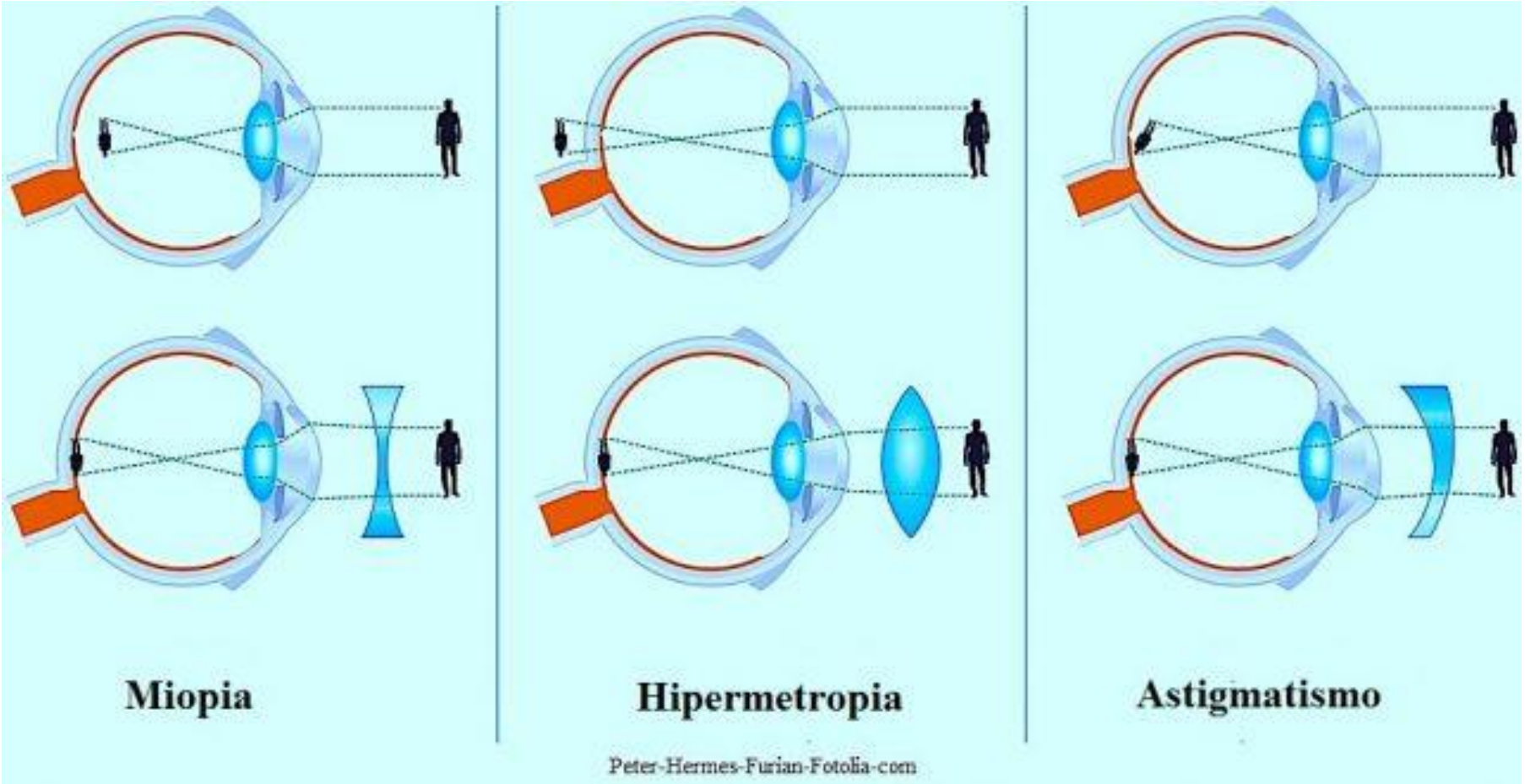
# Olho humano

- É um sistema ótico composto de uma lente convergente.



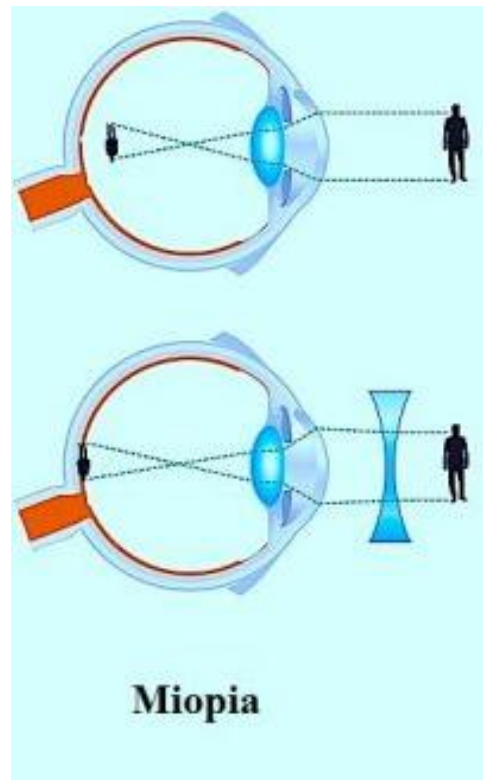
**As imagens formadas na retina são: invertidas, reais e menores que os objetos.**

# Defeitos de visão



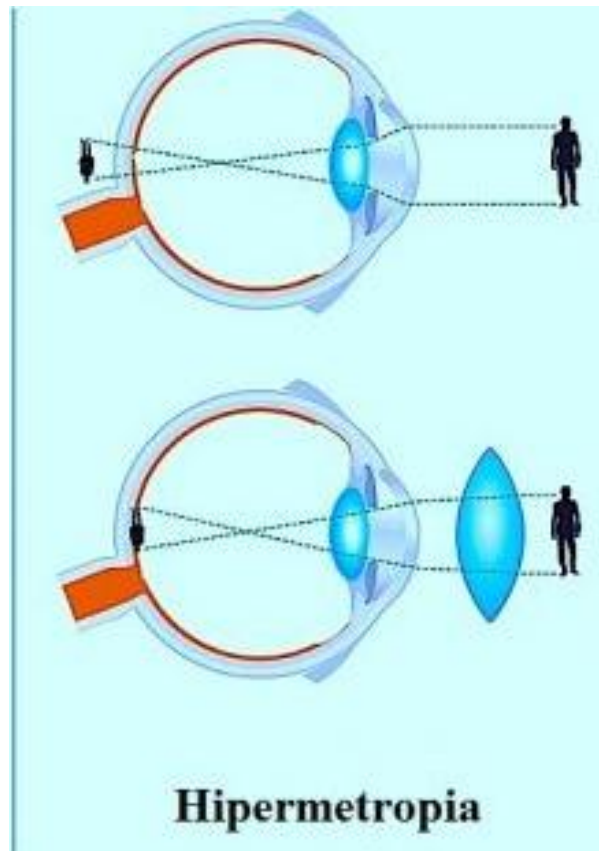
# Olho míope

- A imagem se forma antes da retina.
- Para corrigir, o míope deve utilizar lentes divergentes, que colocam a imagem sobre a retina e permitem uma boa observação de objetos de longe.



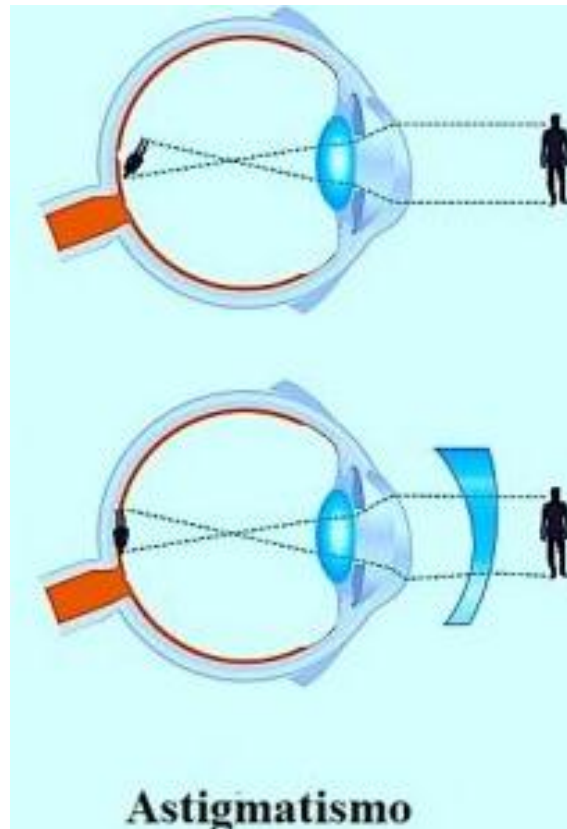
# Hipermetropia

- A imagem se forma atrás da retina.
- Para a correção, deve-se utilizar lentes convergentes, para que a imagem se forme na retina.



# Astigmatismo

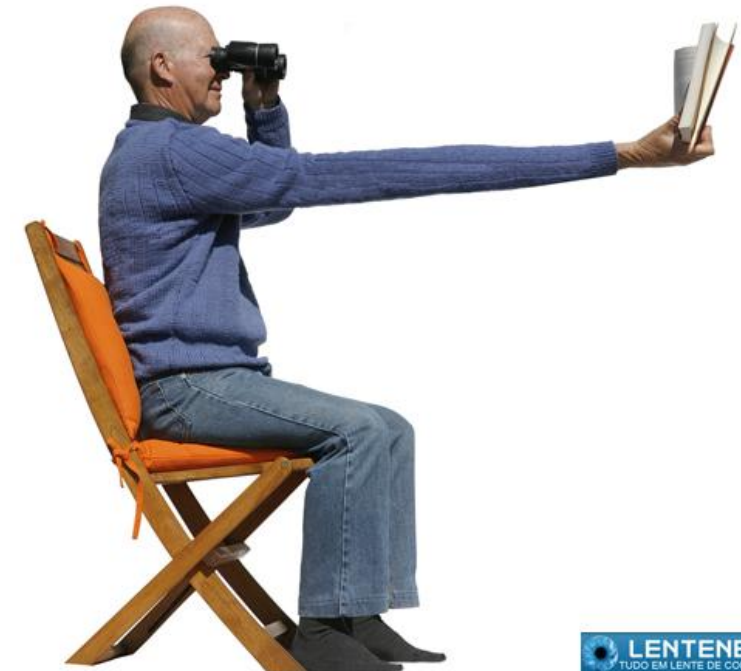
- É provocado quando a córnea ou o cristalino, tem uma forma irregular. Ao invés de ser redondo, ele é semelhante a uma bola de futebol americano. Como resultado, a luz não se concentra corretamente na retina e a imagem é embaçada.





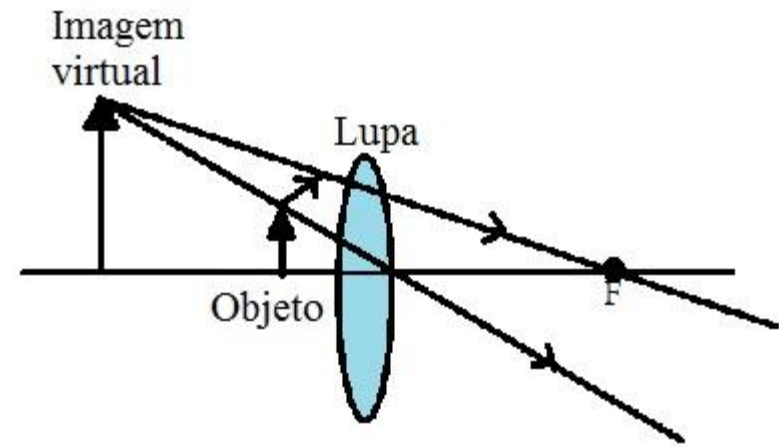
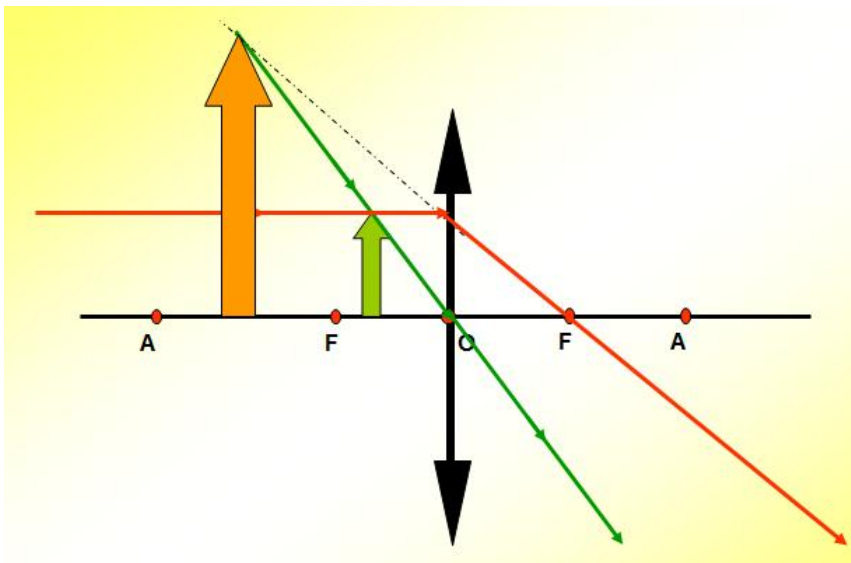
# Presbiopia ou vista cansada

- É uma doença ocular que afeta a todos, normalmente, a partir dos 40 anos de idade.
- Os objetos de perto ficam embaçados.
- À medida que envelhecemos, os músculos ficam cansados e não conseguem alterar a curvatura da lente do olho.
- O cristalino perde a sua elasticidade, o que dificulta a alteração de sua curvatura, tirando o foco.



# A lupa

- É um instrumento óptico que permite aumentar as imagens.
- Ela permite visualizar os detalhes.
- Imagens virtuais, direitas e maiores que os objetos.
- É uma lente convergente de grande distância focal.

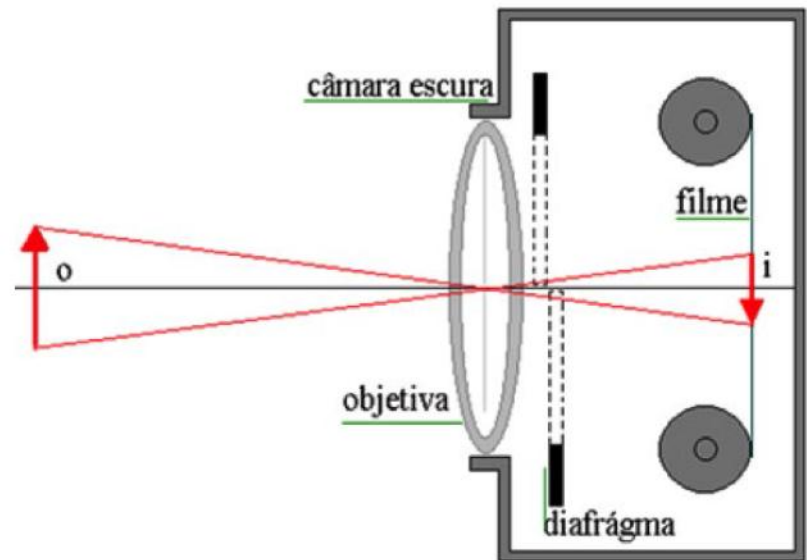


# A máquina fotográfica

- É bem parecida com o olho humano.
- Seu objetivo é captar imagens reais em um dispositivo sensível à luz.
- Pode ser simplificada, como uma câmara escura com um orifício em que é colocada uma lente convergente.

A imagem é real, invertida e menor que o objeto fotografado.

A objetiva em uma câmera tem o poder de se movimentar e, dessa maneira, permite a formação de objetos nítidos sobre o filme.



# O microscópio

- É um sistema ótico constituído de duas lentes: a objetiva e a ocular, ambas são convergentes.
- O objeto é colocado na frente da objetiva e forma uma imagem invertida do objeto. Essa imagem é formada entre o foco e a lente ocular, e serve como objeto para a ocular.
- A imagem formada pela ocular é maior que o objeto, já que este se encontra entre o foco e a lente ocular e é aí que ocorre a ampliação no microscópio.

