SLC 641 – Óptica

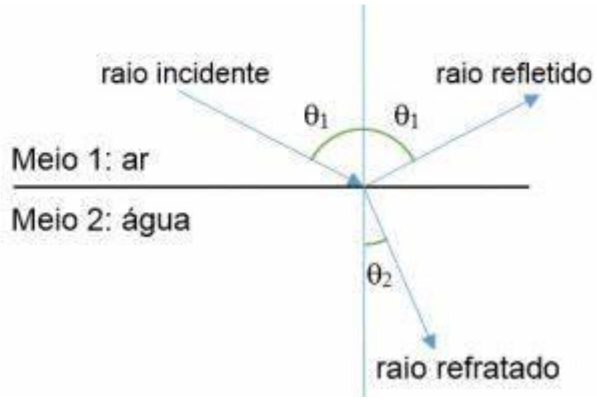
Licenciatura em Ciências Exatas – São Carlos

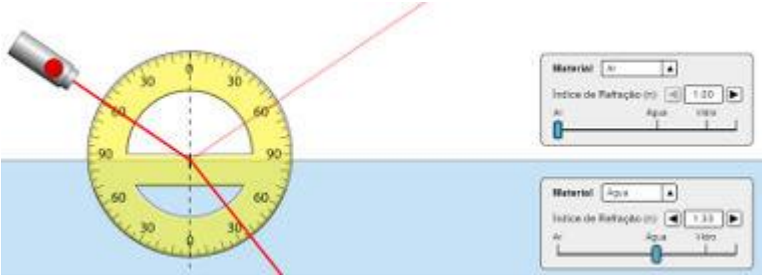
Aula 5
Reflexão e refração:
Princípio de Fermat/Huygens
Instrumentos ópticos

25/09/2023

Reflexão e refração

Aceitamos sem prova:





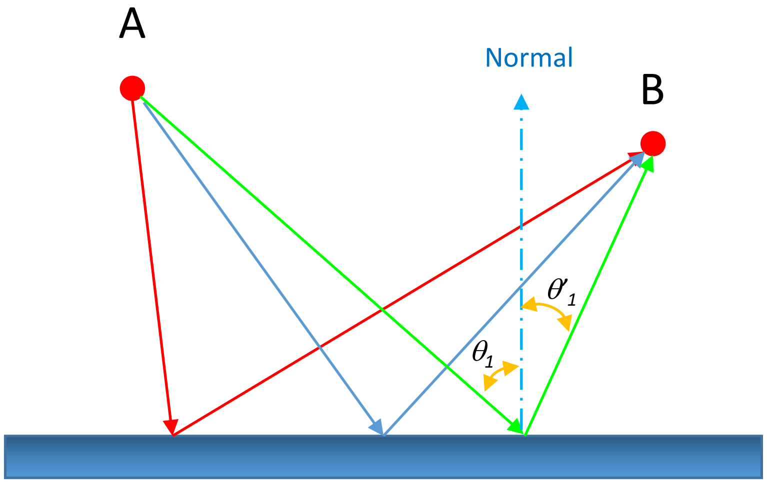
Lei da Reflexão: $\theta_{incidência} = \theta_{reflexão}$ $\theta'_1 = \theta_1$

Lei da Refração: $n_1 sen\left(\theta_{incidência}\right) = n_2 sen\left(\theta_{refração}\right)$

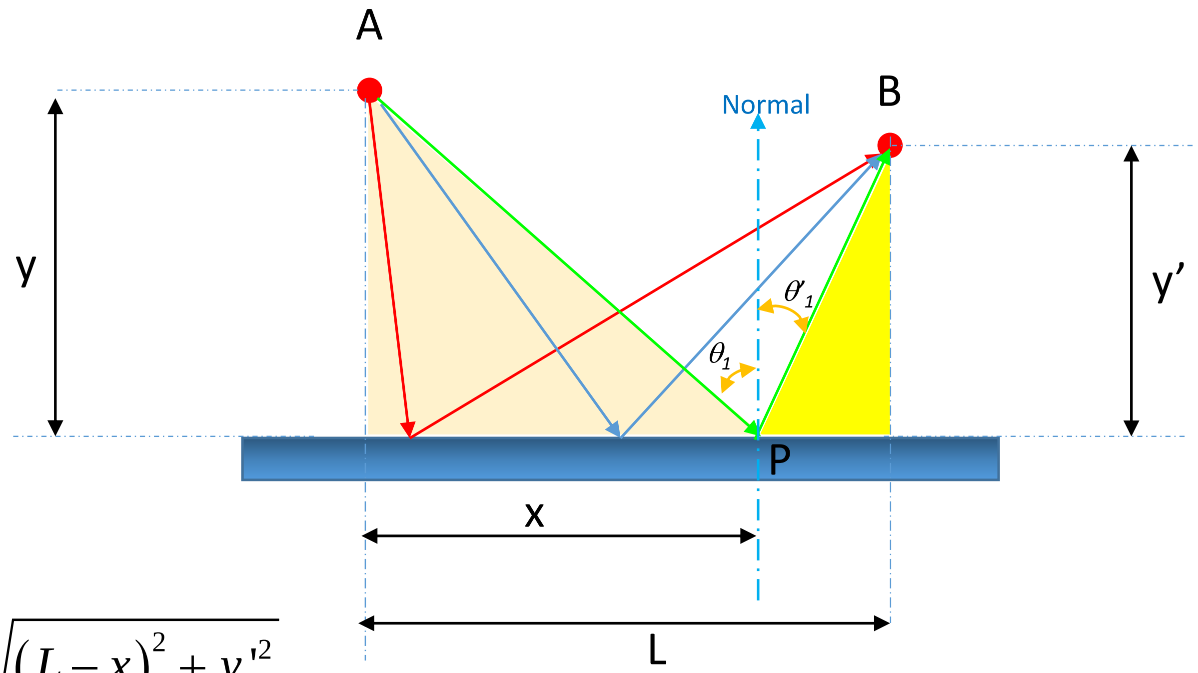
$$n_1 \; sen \; \theta_1 = n_2 \; sen \; \theta_2$$

Princípio de Fermat

Princípio de Fermat: “Dentre todos os caminhos possíveis de ir de um ponto ao outro, a luz percorre o de tempo mínimo”



Lei da Reflexão: Princípio de Fermat



$$\left[APB\right]=\left[AP\right]+\left[PB\right]$$

$$\left[APB\right]=n\sqrt{x^2+y^2}+n\sqrt{\left(L-x\right)^2+y'^2}$$

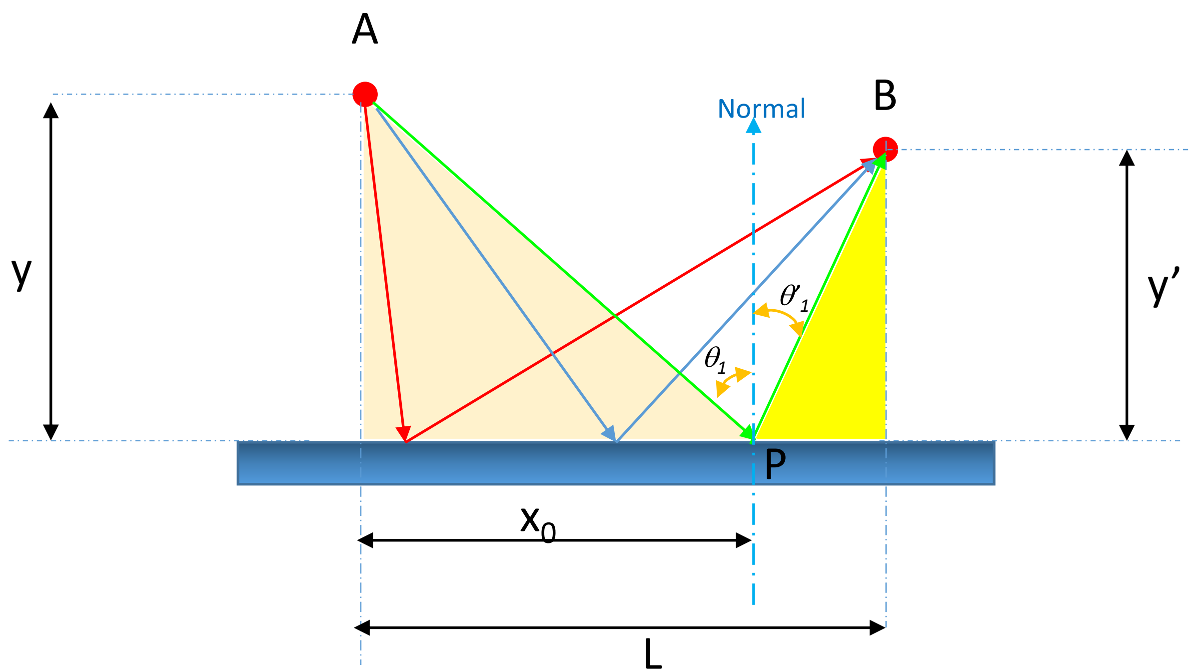
$$\frac{d\left[APB\right]}{dx}=n\left[\frac{1}{2}\left(x^2+y^2\right)^{-1/2}2x+\frac{1}{2}\left(\left(L-x\right)^2+y'^2\right)^{-1/2}2\left(L-x\right)\left(-1\right)\right]$$

$$\frac{d\left[APB\right]}{dx}=\frac{nx}{\sqrt{x^2+y^2}}-\frac{n\left(L-x\right)}{\sqrt{\left(L-x\right)^2+y'^2}}=0$$

(Mínimo? $x=x_0$)

$$\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+y^2}}=\frac{\left(L-x_0\right)}{\sqrt{\left(L-x_0\right)^2+y'^2}}$$

Lei da Reflexão: Princípio de Fermat



Graficamente temos:

$$sen\theta_1 = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}}$$

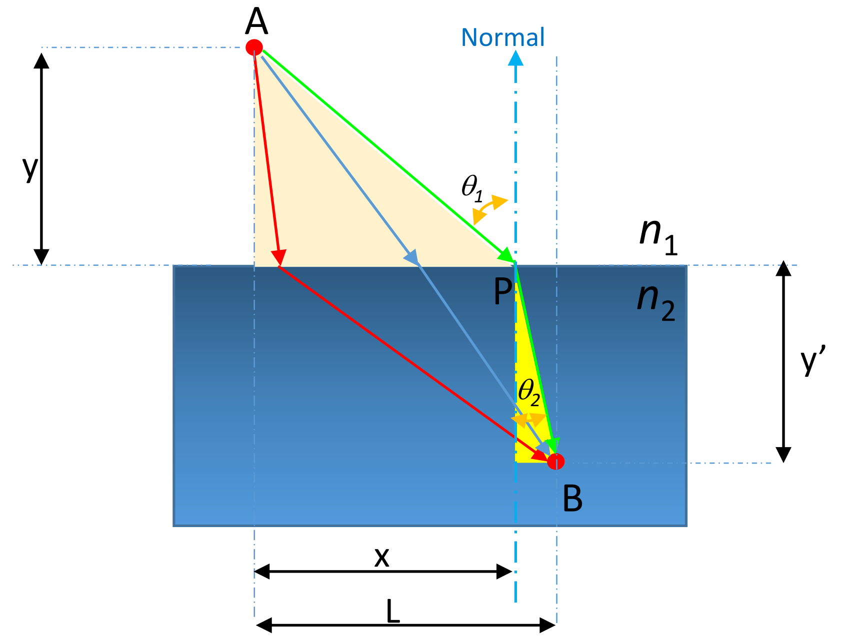
$$sen\theta'_1 = \frac{(L - x_0)}{\sqrt{(L - x_0)^2 + y'^2}}$$

$$\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}} = \frac{(L - x_0)}{\sqrt{(L - x_0)^2 + y'^2}}$$

$$sen\theta_1 = sen\theta'_1$$

$$\theta_1 = \theta'_1$$

Lei da Refração: Princípio de Fermat



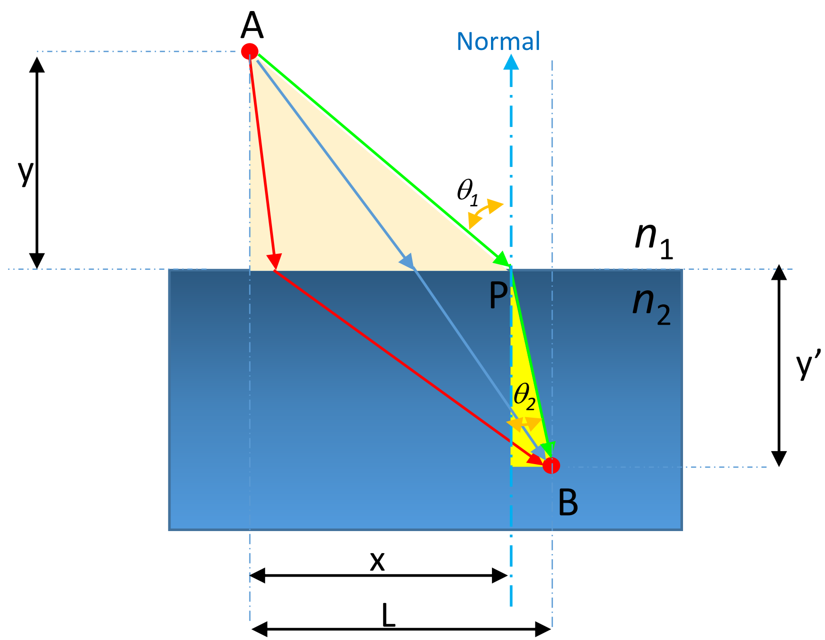
$$[APB]=[AP]+[PB]$$

$$[APB]=n_1\sqrt{x^2+y^2}+n_2\sqrt{(L-x)^2+y'^2}$$

$$\frac{d[APB]}{dx}=n_1\left[\frac{1}{2}\left(x^2+y^2\right)^{-1/2}2x\right]+n_2\left[+\frac{1}{2}\left((L-x)^2+y'^2\right)^{-1/2}2(L-x)(-1)\right]=0$$

$$n_1\left[\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2+y^2}}\right]=n_2\left[\frac{(L-x_0)}{\sqrt{(L-x_0)^2+y'^2}}\right]$$

Lei da Refração: Princípio de Fermat



Graficamente temos:

$$sen\theta_1 = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}}$$

$$sen\theta_2 = \frac{(L - x_0)}{\sqrt{(L - x_0)^2 + y'^2}}$$

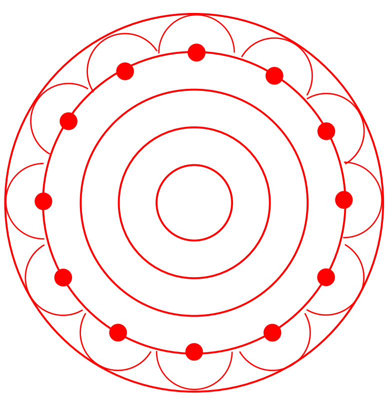
$$n_1\left[\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y^2}}\right] = n_2\left[\frac{(L - x_0)}{\sqrt{(L - x_0)^2 + y'^2}}\right]$$

$$n_1 sen\theta_1 = n_2 sen\theta_2$$

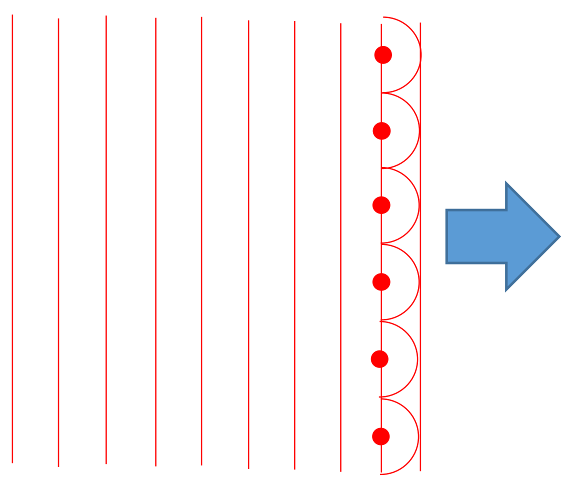
Princípio de Huygens

Princípio de Huygens: “Cada ponto da frente de onda atua como uma fonte de onda secundária esférica que se propaga com a mesma velocidade e frequência”

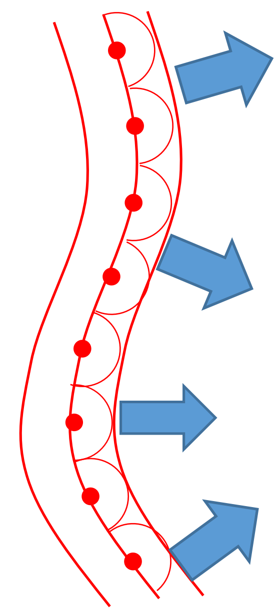
Onda esférica:



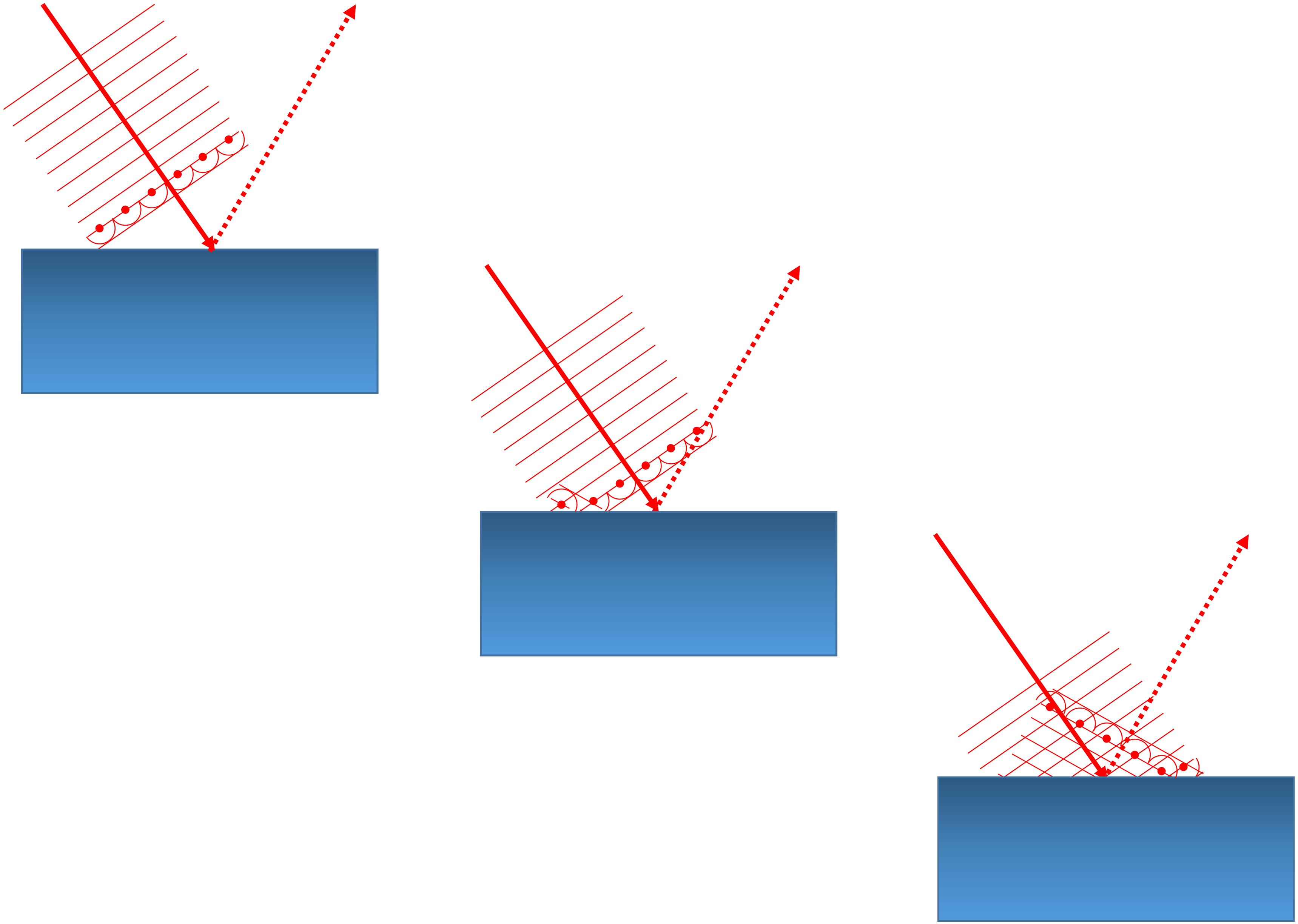
Onda plana:



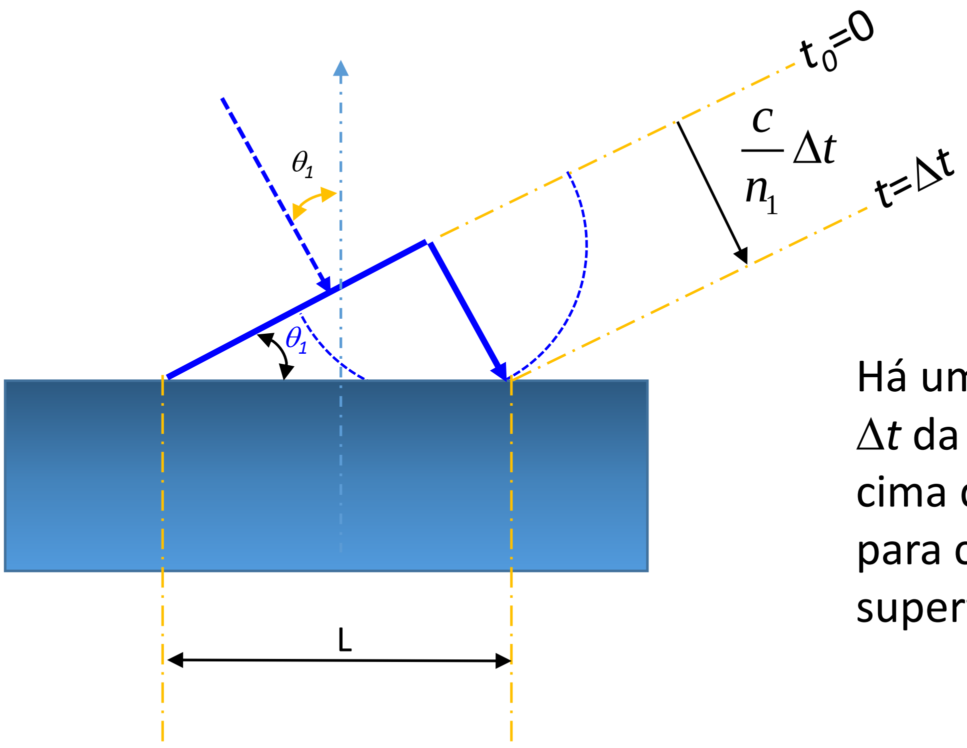
Onda qualquer:



Lei da Reflexão: Princípio de Huygens



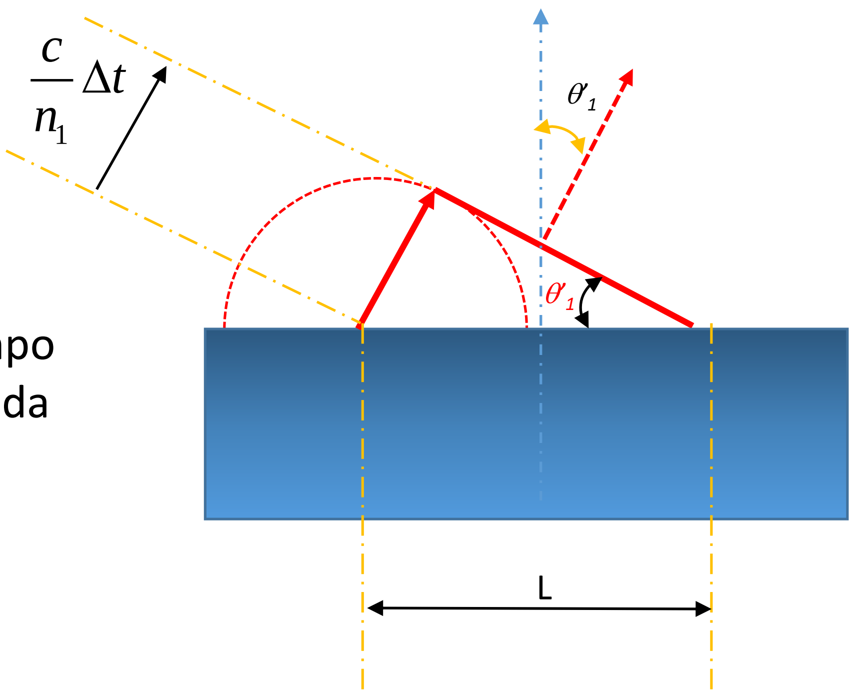
Lei da Reflexão: Princípio de Huygens



Há um retardo Δt da parte de cima da onda para chegar na superfície

Comparando duas posições com separação L qualquer

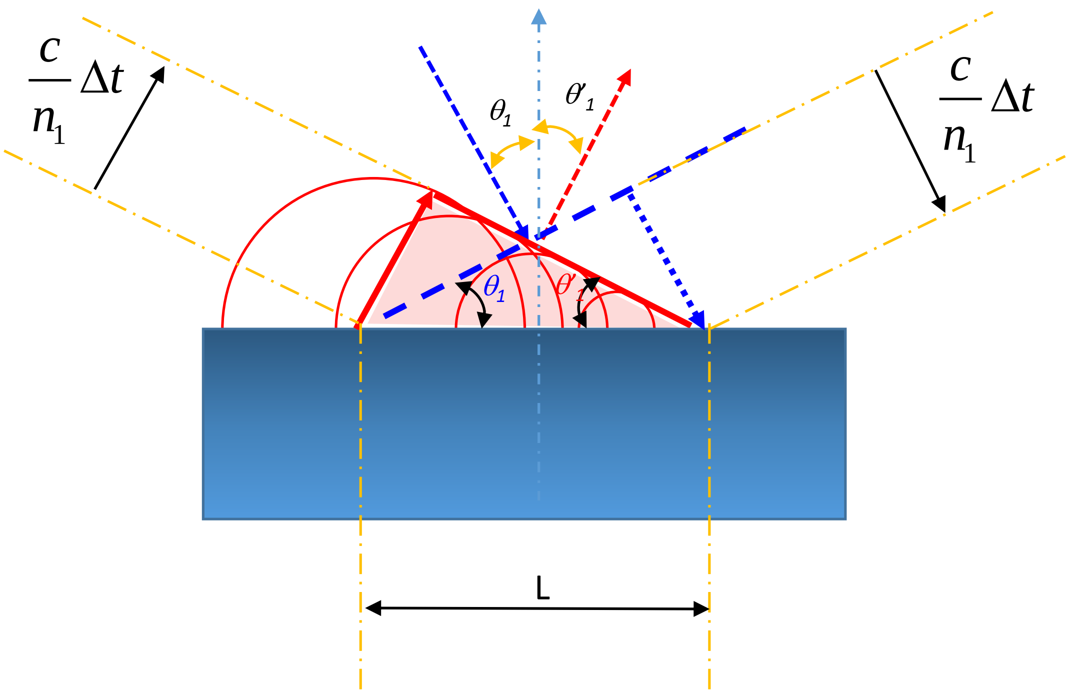
Lei da Reflexão: Princípio de Huygens



Esta parte de cima da onda saiu num tempo Δt adiantado da superfície refletora

Comparando duas posições com separação L qualquer

Lei da Reflexão: Princípio de Huygens



Por semelhança de triângulos:

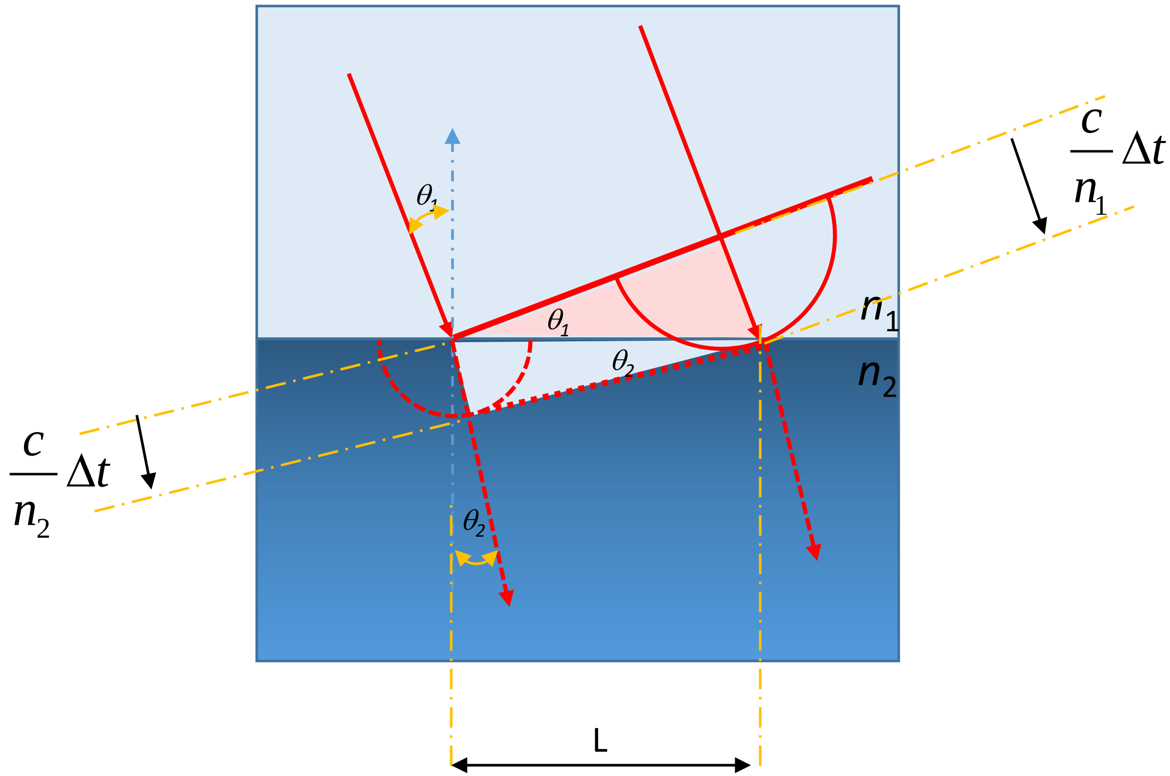
$$sen\theta_1 = \frac{c\Delta t / n_1}{L}$$

$$sen\theta'_1 = \frac{c\Delta t / n_1}{L}$$

$$sen\theta_1 = sen\theta'_1$$

$$\theta_1 = \theta'_1$$

Lei da Refração: Princípio de Huygens

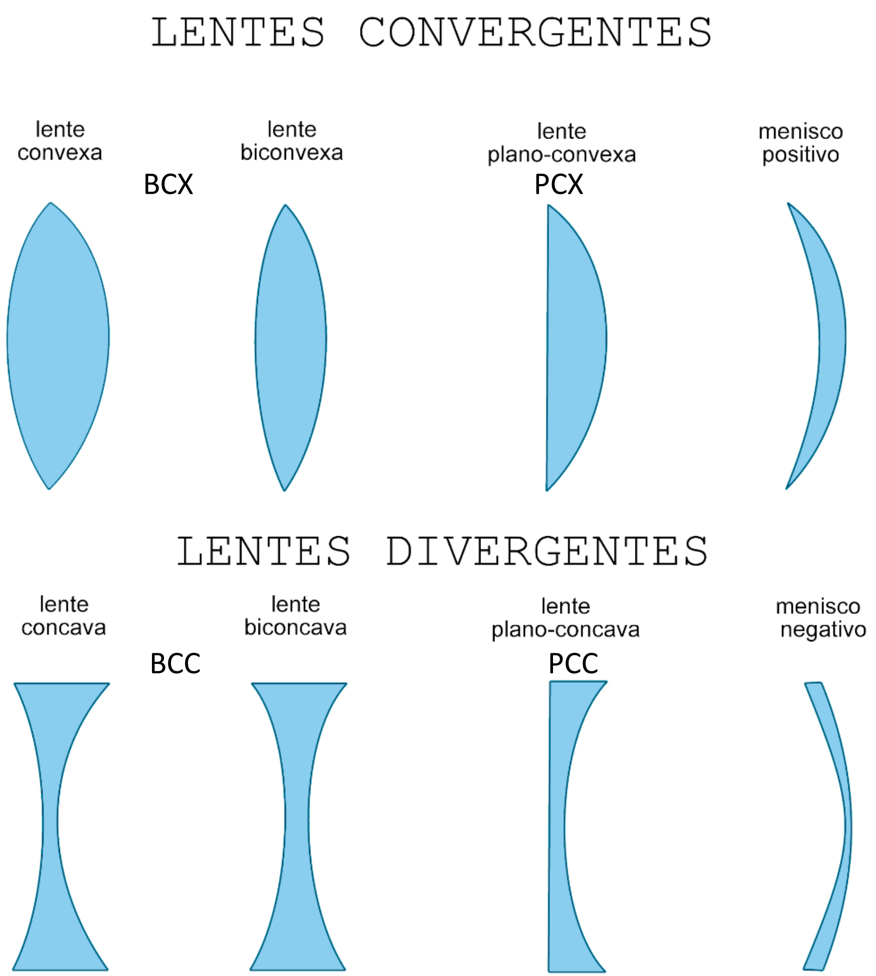


$$sen\theta_1 = \frac{c\Delta t / n_1}{L} \Rightarrow L = \frac{c\Delta t / n_1}{sen\theta_1}$$

$$sen\theta_2 = \frac{c\Delta t / n_2}{L} \Rightarrow L = \frac{c\Delta t / n_2}{sen\theta_2}$$

$$\frac{c\Delta t / n_1}{sen\theta_1} = \frac{c\Delta t / n_2}{sen\theta_2} \Rightarrow n_1 sen\theta_1 = n_2 sen\theta_2$$

Instrumentos ópticos: Lentes



Eq. fabricantes de lente

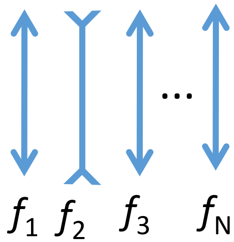
$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Lentes finas:

Lente positiva, convergente

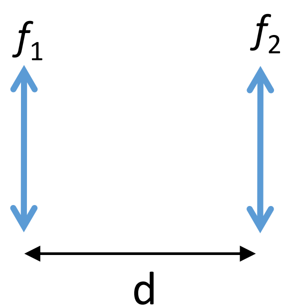
Lente negativa, divergente

Instrumentos ópticos: Associação de lentes finas



Sem espaçamento

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + ... + \frac{1}{f_N}$$



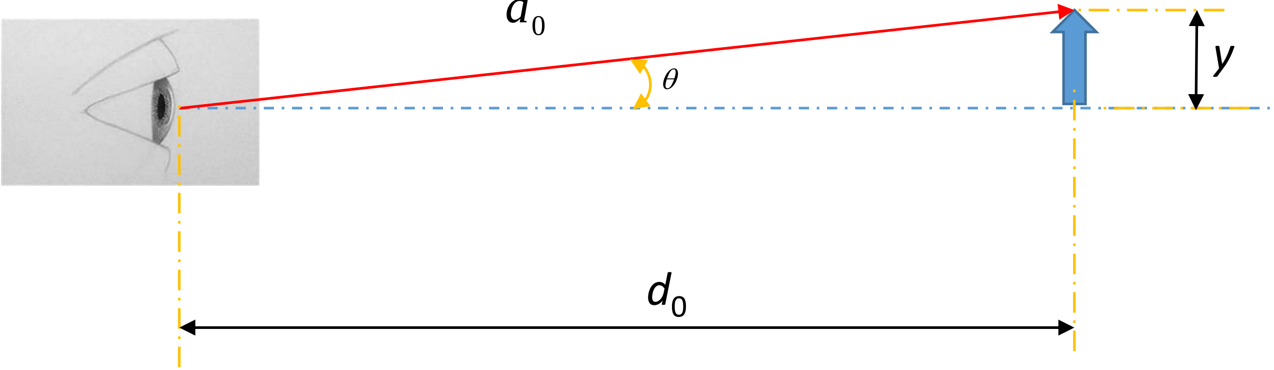
Com espaçamento

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

Instrumentos ópticos: Lupa

Simples lente positiva

$$tg\theta \approx \theta = \frac{y}{d_0}$$



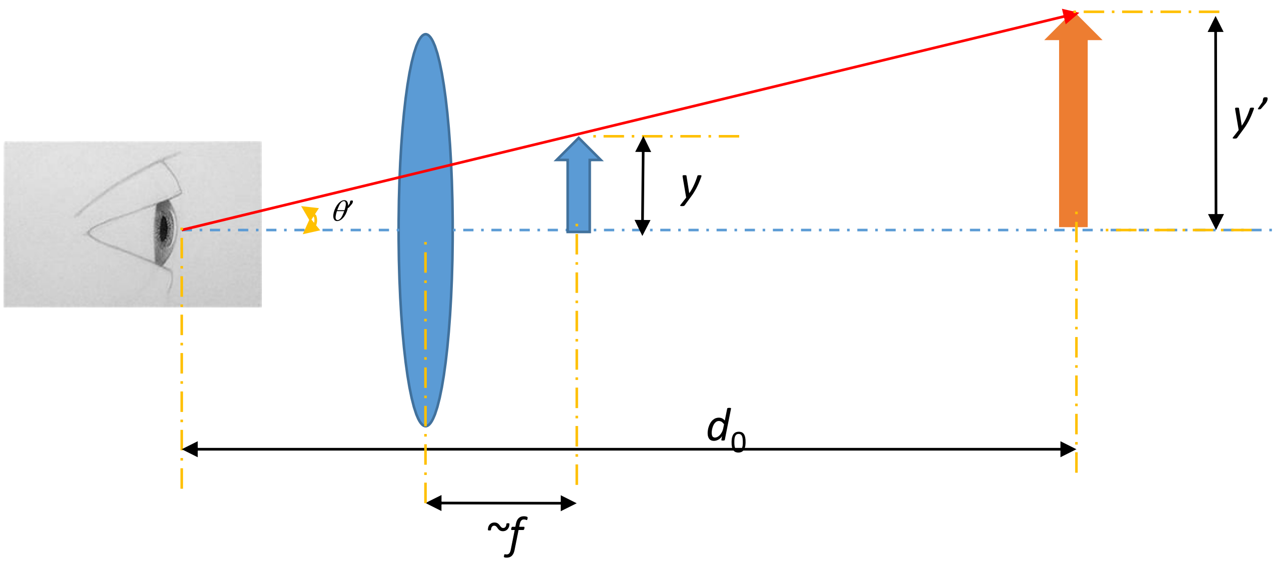
d_0 é a menor distância que o nossos olhos conseguem acomodar: 15-25 cm

Poderíamos ver mais detalhes de um objeto, simplesmente aproximando o objeto dos nossos olhos, no entanto, nossos olhos não conseguem acomodar a visão do objeto e a imagem se torna borrada.

O truque é usar uma lupa!

Instrumentos ópticos: Lupa

O objeto deve ser colocado perto do foco da lupa



Não há como quantificar exatamente o aumento da imagem, pois depende muito do posicionamento do objeto e do observador.

$$\theta' > \theta \Rightarrow \text{Aumento aproximado da imagem}$$

$$Magnificação = m = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{y/f}{y/d_0} = \frac{d_0}{f}$$

Instrumentos ópticos: Telescópio

Telescópio refrativo

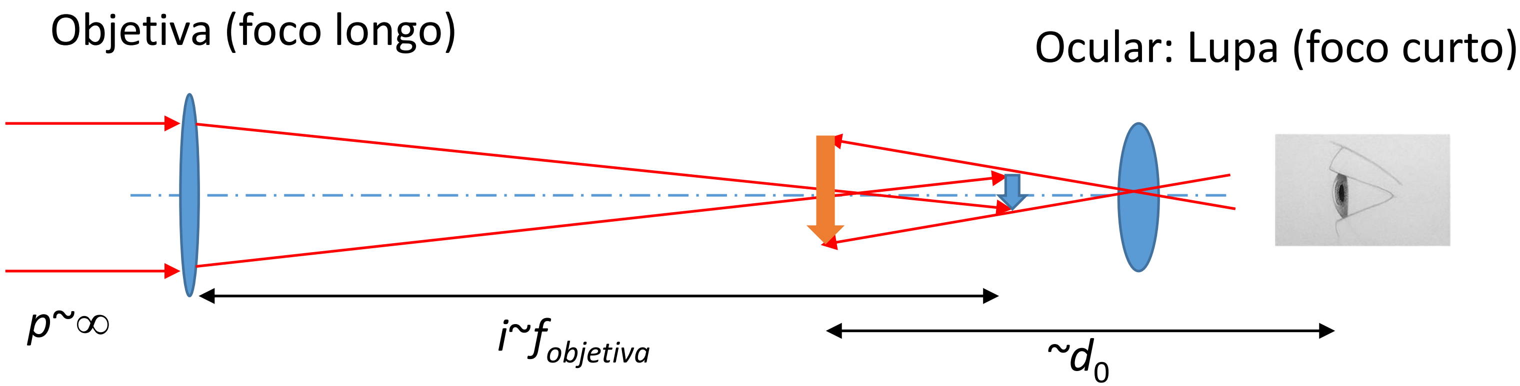
Schmidt-Newtoniano

Cassegrain
Schmidt-Cassegrain

Newtoniano

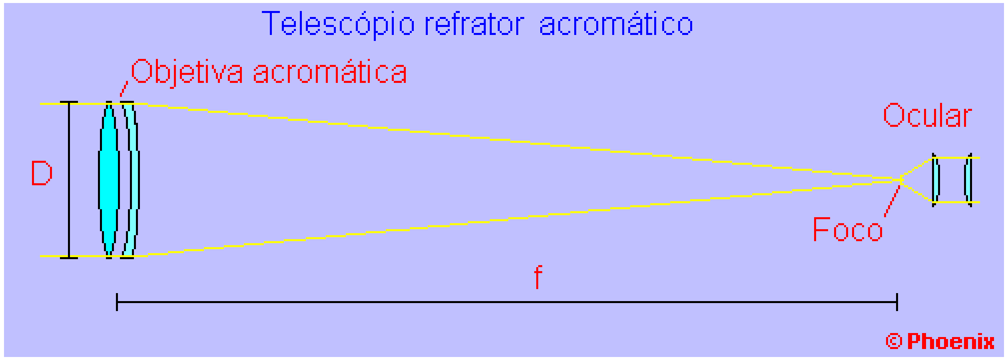
Para visualização de objetos distantes

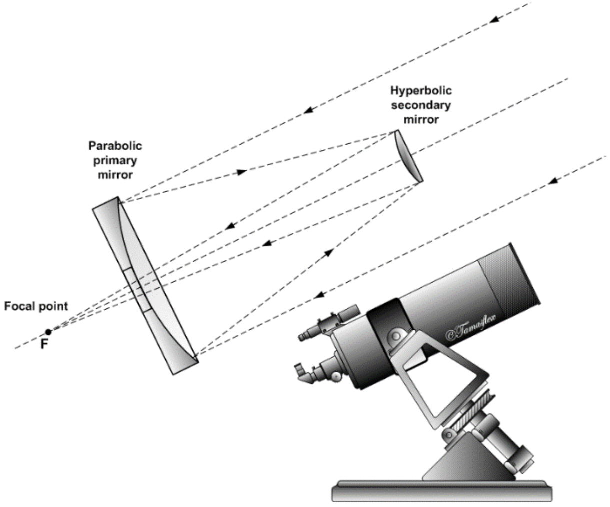
Instrumentos ópticos: Telescópio



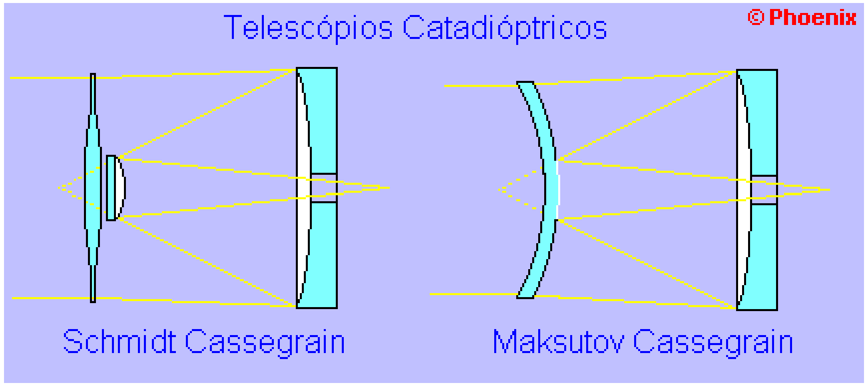
$$Magnificação = m = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{y/f_{ocular}}{y/d_0} = \frac{d_0}{f_{ocular}}$$

Instrumentos ópticos: Telescópio

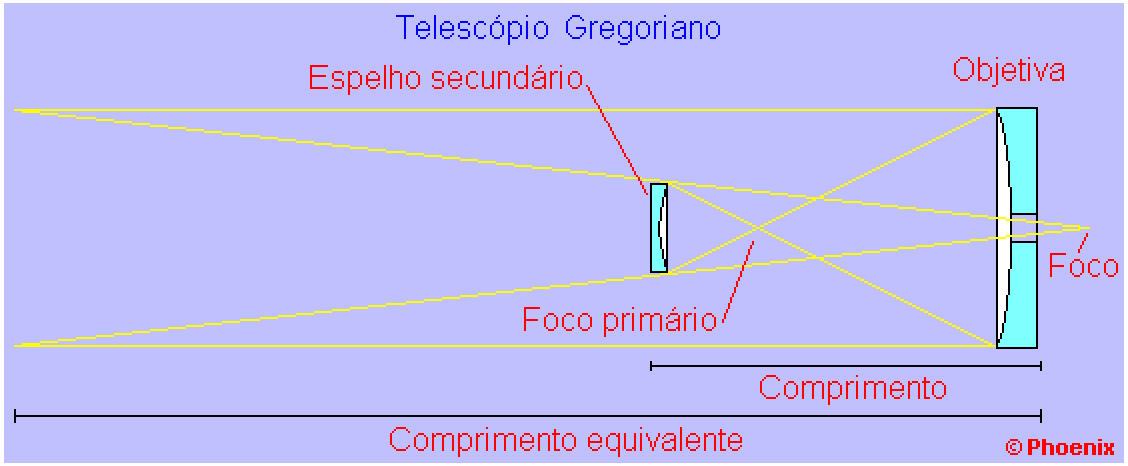


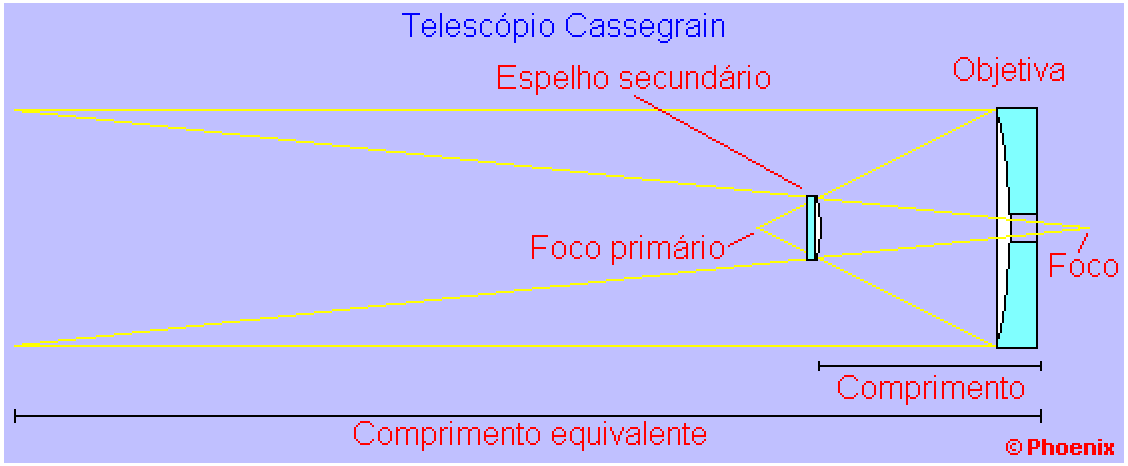


Cassegrain (o mais compacto)



Instrumentos ópticos: Telescópio

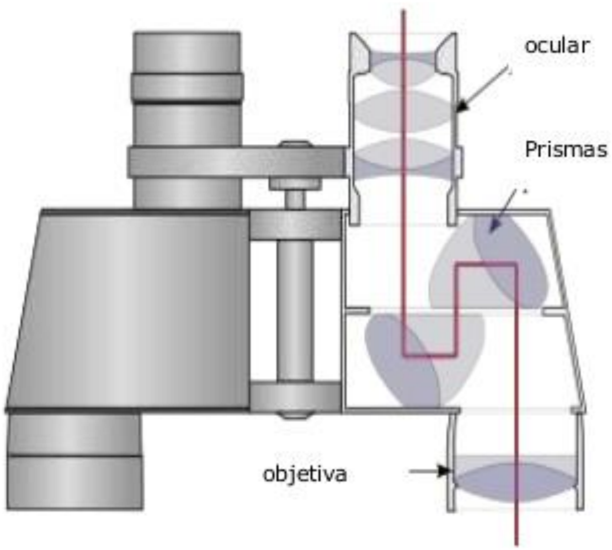


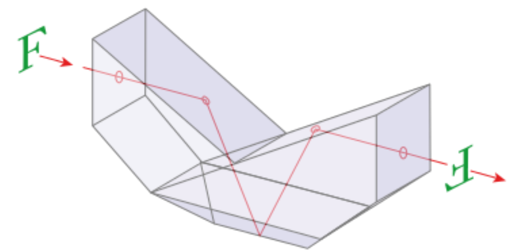


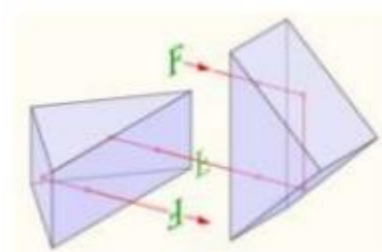
Instrumentos ópticos: Binóculos

Ao contrário dos telescópios, os binóculos precisam corrigir (inverter) a imagem!

Binóculo – Luneta terrestre



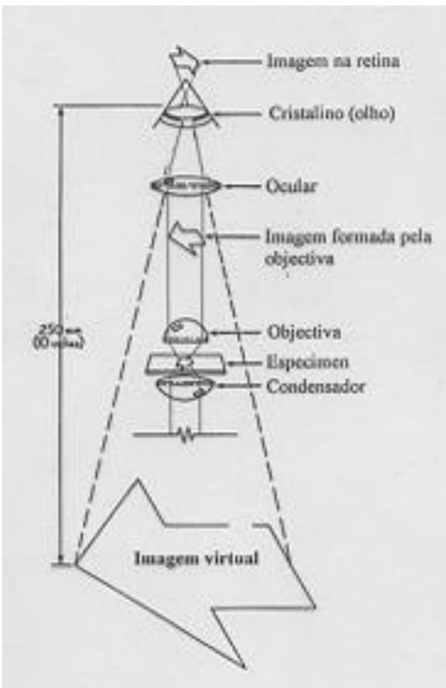


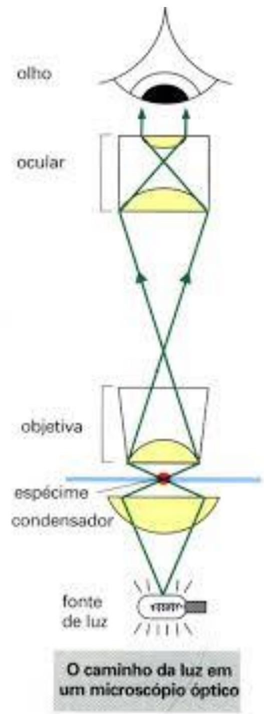


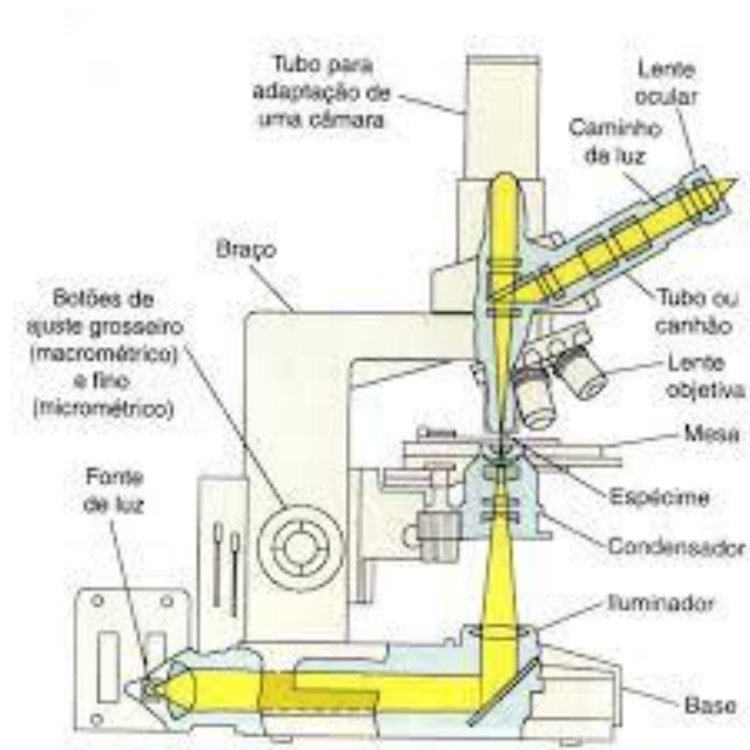
Corretor de imagem

Instrumentos ópticos: Microscópio

Para magnificação de objetos próximos (muito além da lupa)







Objetivas e oculares de focos curtos (+corretor de imagem)