



Física IV

Aula 3

Aula Anterior

- ★ Pressão de radiação;
- ★ Polarização.

Exercício

Na praia, a luz em geral é parcialmente polarizada devido às reflexões na areia e na água. Em uma praia, no final da tarde, a componente horizontal do vetor campo elétrico é 2,3 vezes maior que a componente vertical. Um banhista fica de pé e coloca óculos polarizadores que eliminam totalmente a componente horizontal do campo elétrico.

- (a) Que fração da intensidade luminosa total chega aos olhos do banhista?
- (b) Ainda usando os óculos, o banhista se deita de lado na areia. Que fração da intensidade luminosa total chega agora aos olhos do banhista?

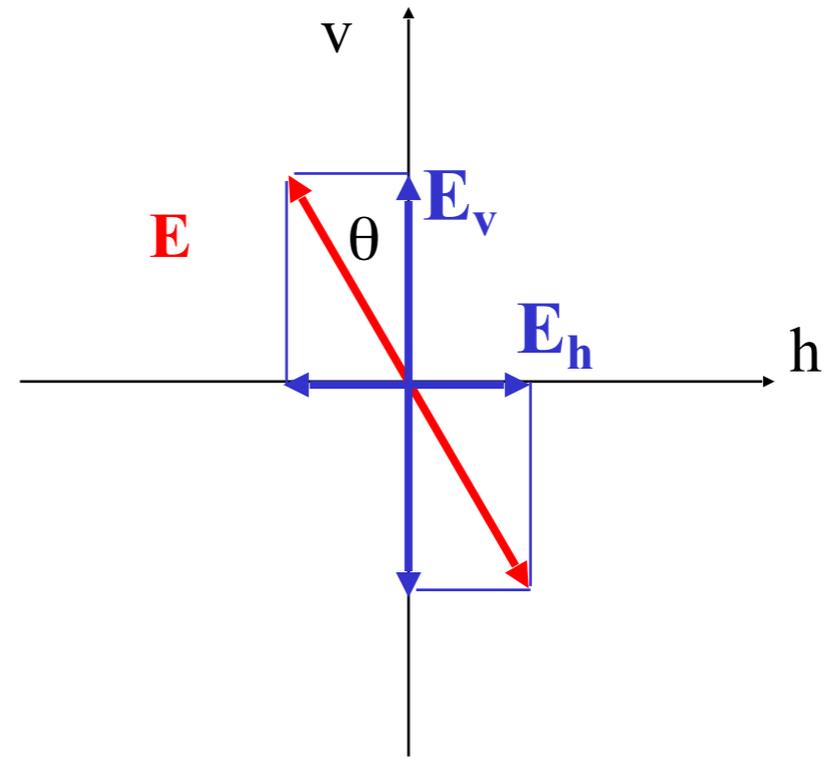
(a)

$$E_h = 2,3 E_v$$

óculos $\rightarrow E_v$

$$I \propto E^2$$

$$\vec{E} = \vec{E}_v + \vec{E}_h$$



$$E^2 = E_v^2 + E_h^2 = 6,29 E_v^2$$

$$I_v \propto E_v^2 \Rightarrow \text{Frac} = \frac{E_v^2}{6,29 E_v^2} = 15,90 \%$$

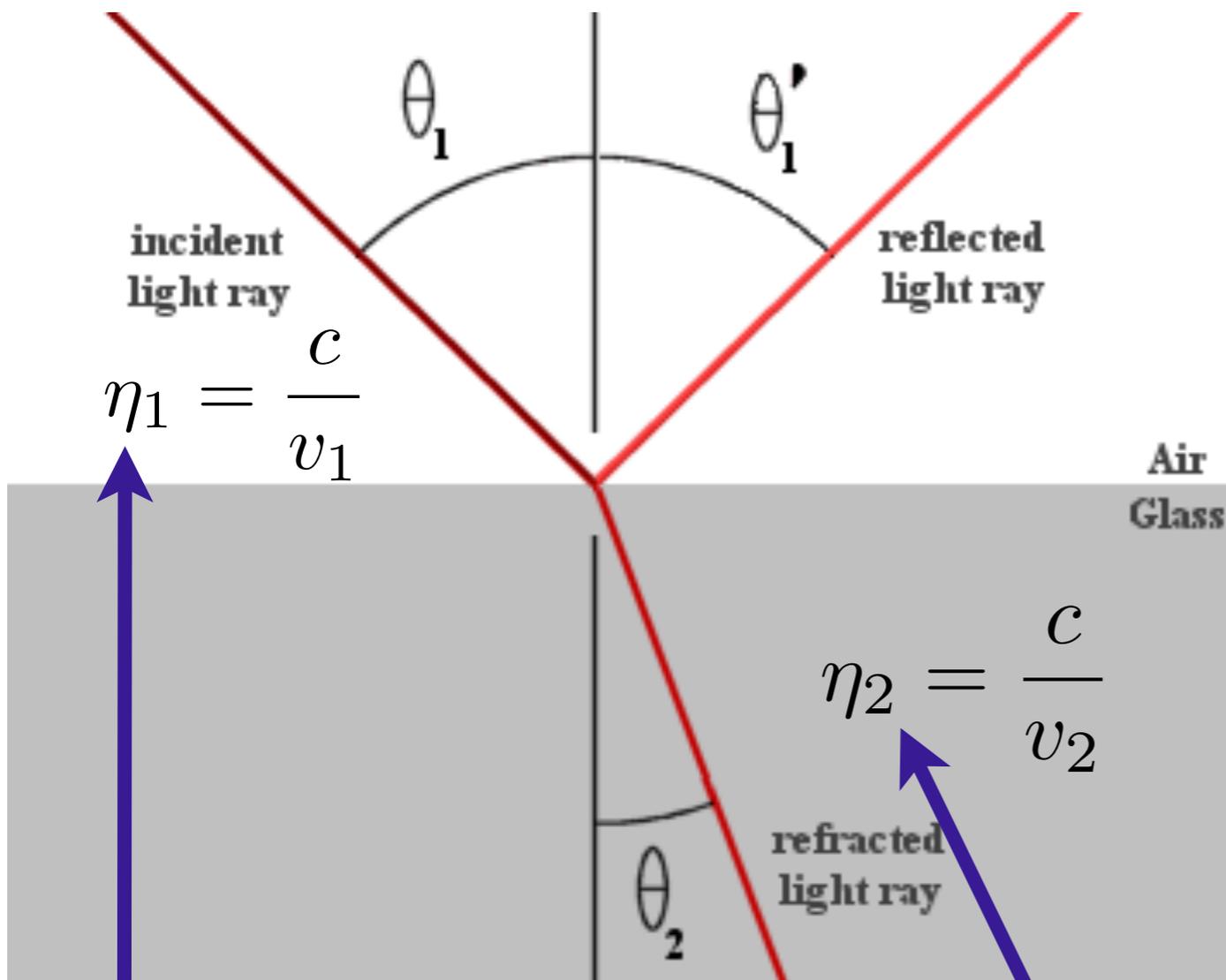
(b)

$$I_h \propto E_h^2 \Rightarrow \text{Frac} = \frac{2,3^2 E_v^2}{6,29 E_v^2} = 84,10 \%$$

Aula de Hoje

- Óptica Geométrica;
- Reflexão e Refração;
- Polarização por Reflexão;
- Reflexão Interna Total.

Reflexão e Refração



índices de refração dependem do meio

$$\theta_1 = \theta'_1$$

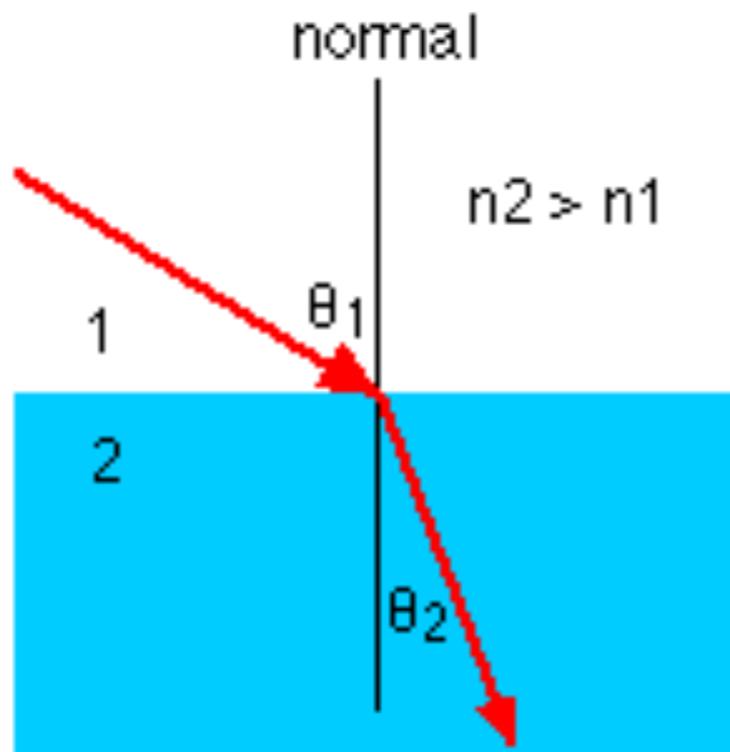
• **Reflexão:** consiste na mudança de direção de propagação de luz.

• **Refração:** Passagem de luz por um meio com coeficientes de refração distintos.

Lei de Snell é definida por:

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = \eta_2 \cdot \text{sen} \theta_2$$

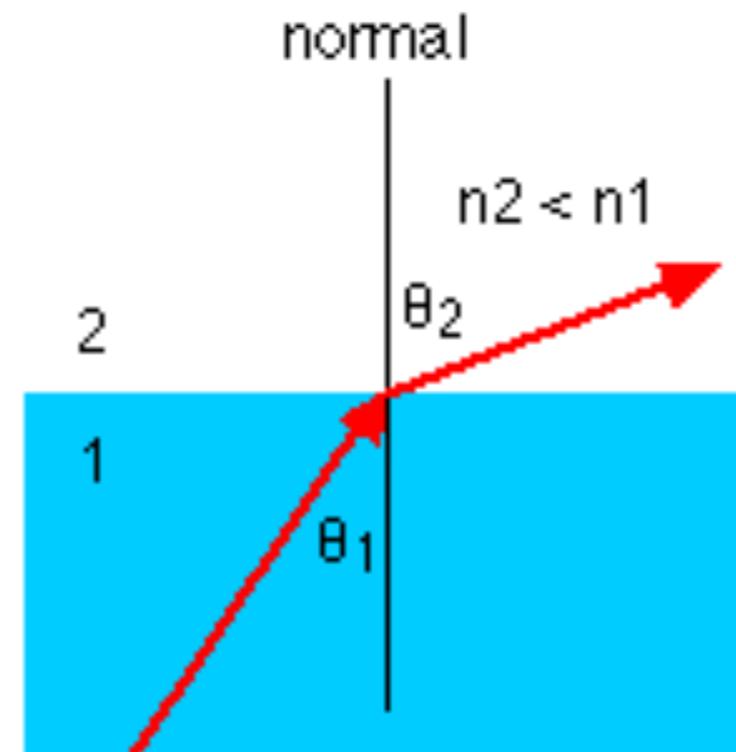
Considerações sobre Lei de Snell



Snell's law : $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

$$n_2 > n_1 \implies \theta_2 < \theta_1$$

**raio luminoso
aproxima-se da
normal**

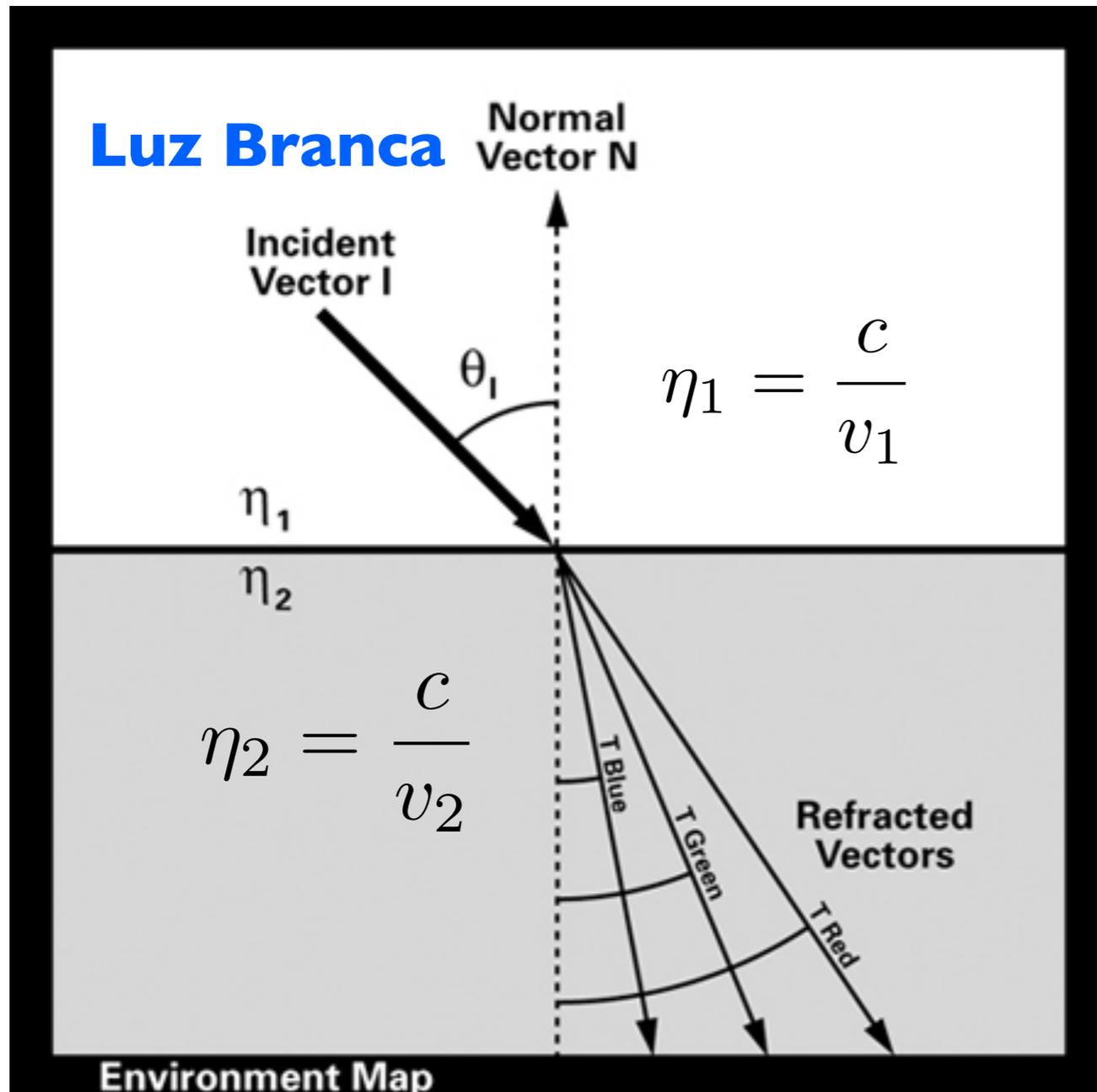


or, equivalently, $\sin\theta_1 / \sin\theta_2 = v_1 / v_2$

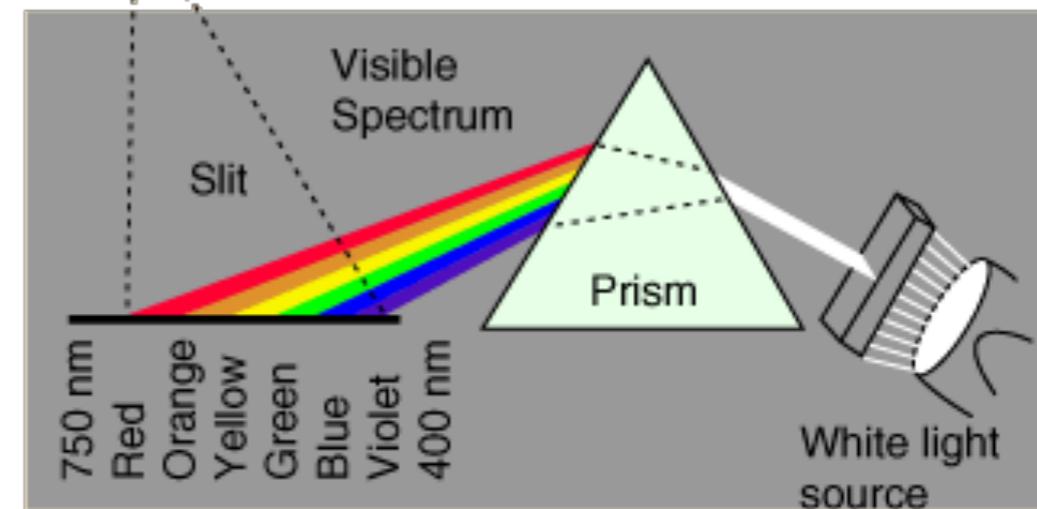
$$n_2 < n_1 \implies \theta_2 > \theta_1$$

**raio luminoso
afasta-se da
normal**

Dispersão Cromática

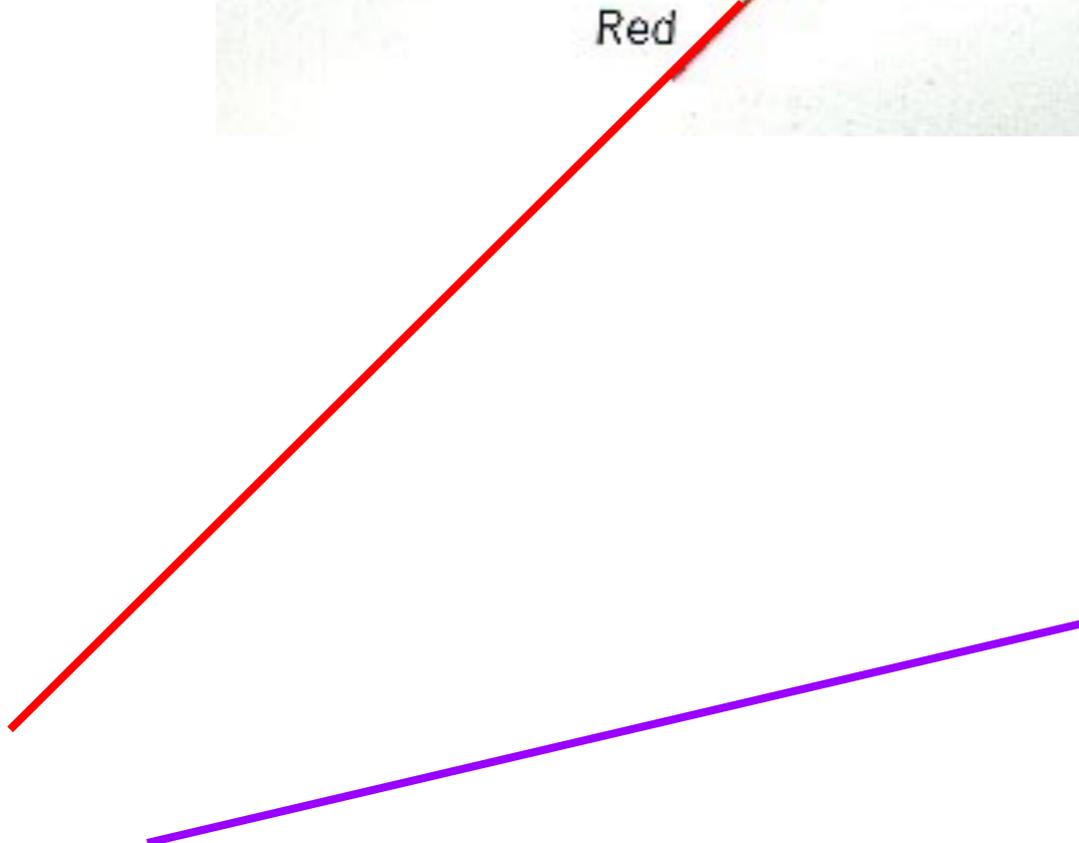
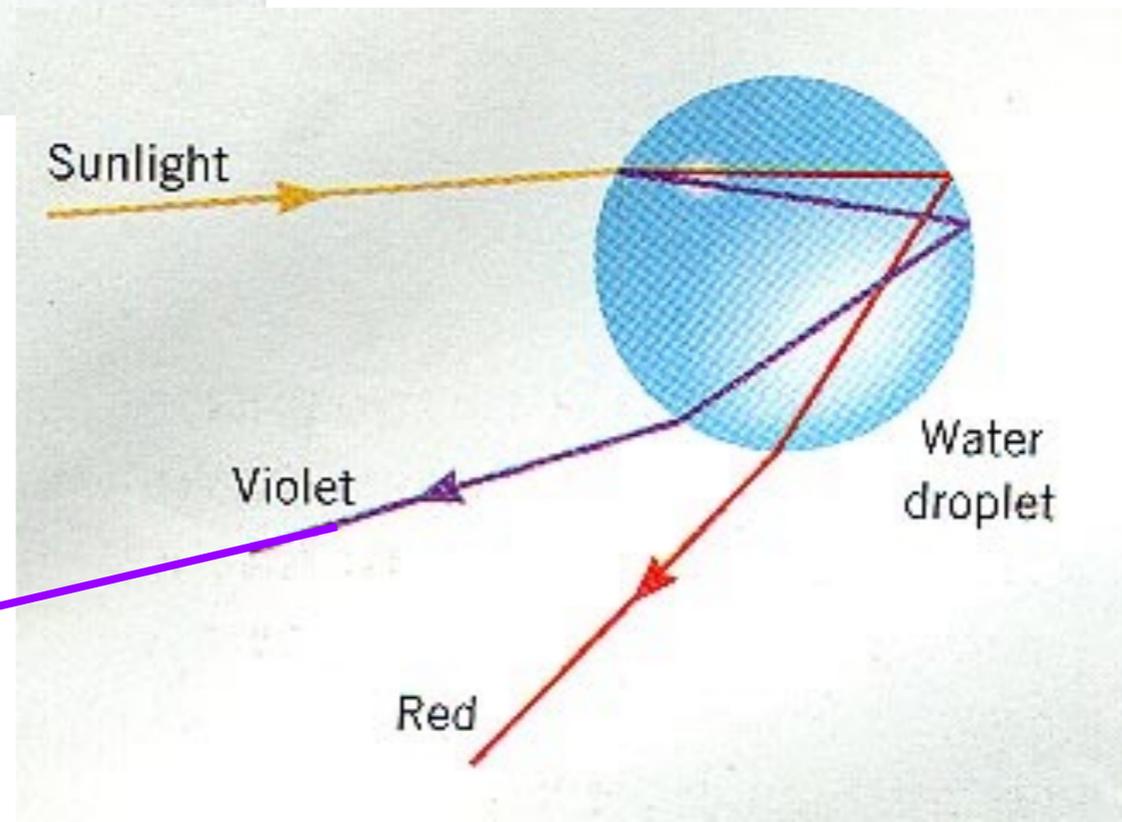
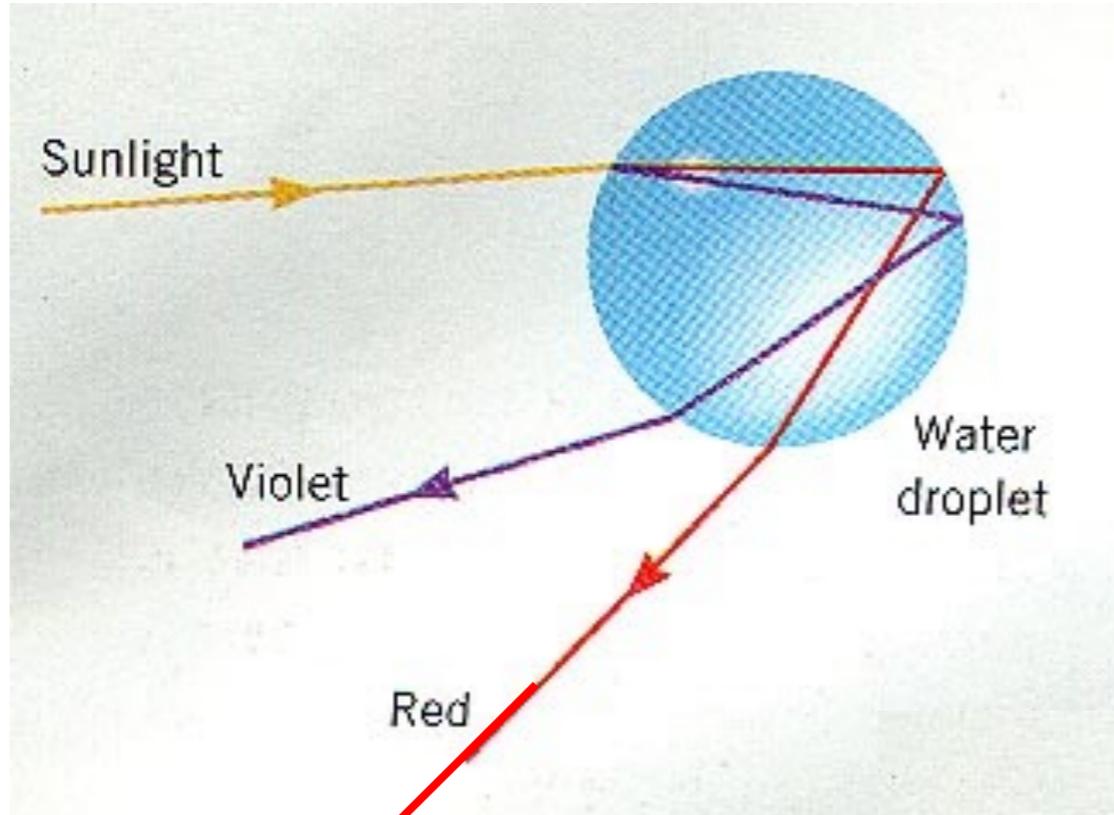


Radio	Far IR, Micro-wave	IR	UV	x-ray γ-ray
-------	-----------------------	----	----	----------------



Por que o ângulo de cada uma das cores é diferente para o mesmo índice de refração?

Arco-Íris



Ondas eletromagnéticas

Período:

$$T$$

Comprimento de onda:

$$\lambda$$

Frequência:

$$f = \frac{1}{T}$$

Frequência angular:

$$\omega = 2\pi f$$

Número de onda:

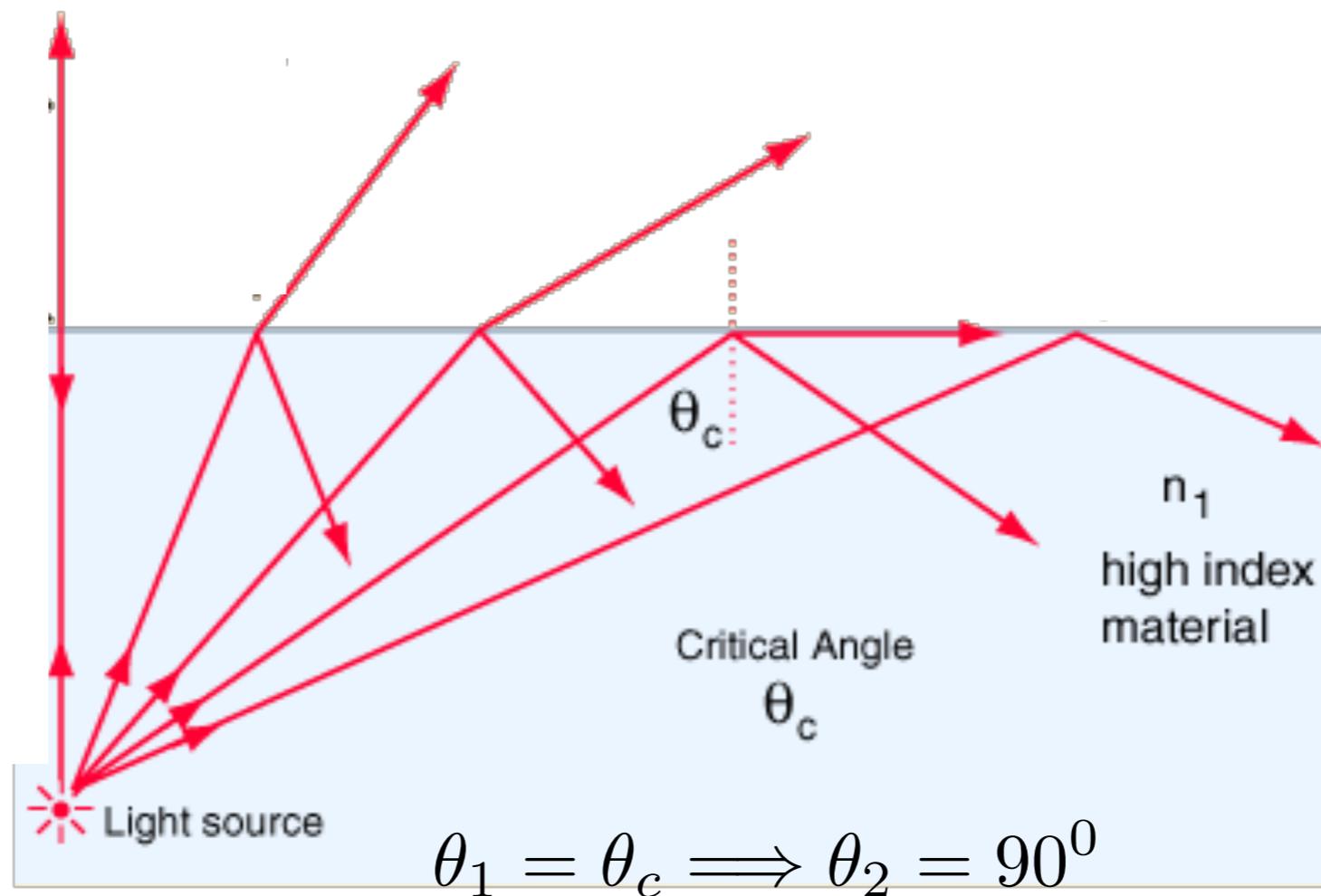
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Velocidade de uma onda:

$$v = \frac{\omega}{k} = \lambda f$$

Reflexão Interna Total

Quando não existe o raio refratado, ocorre o fenômeno de reflexão total interna.

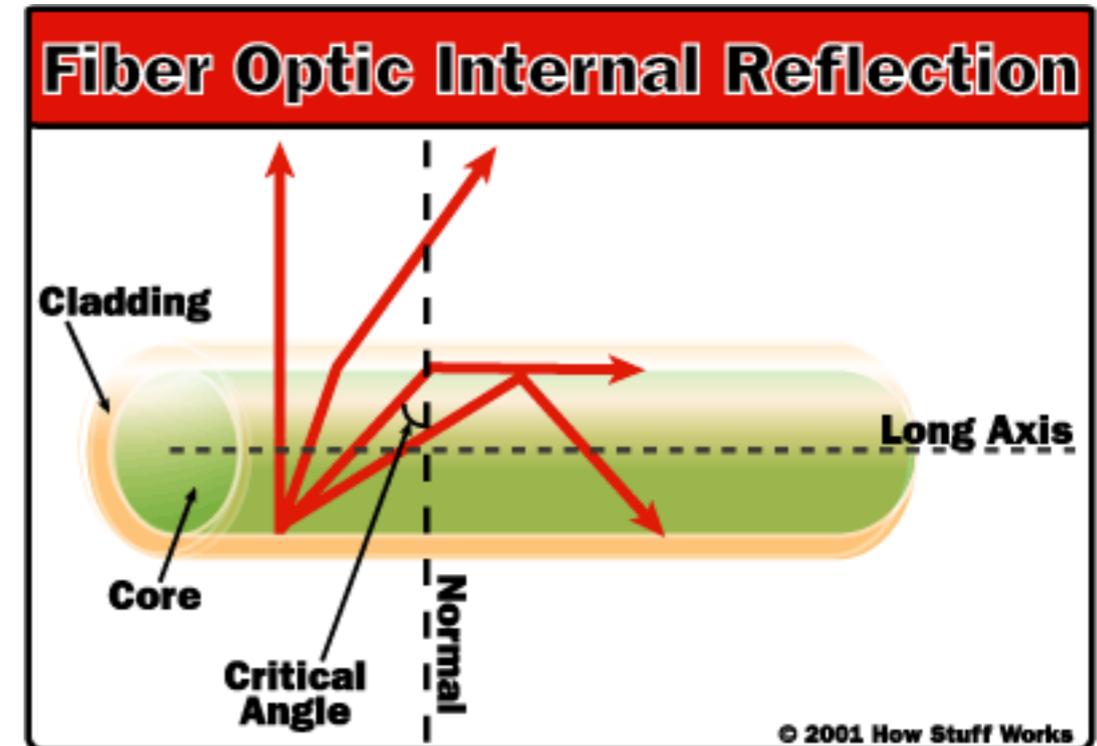
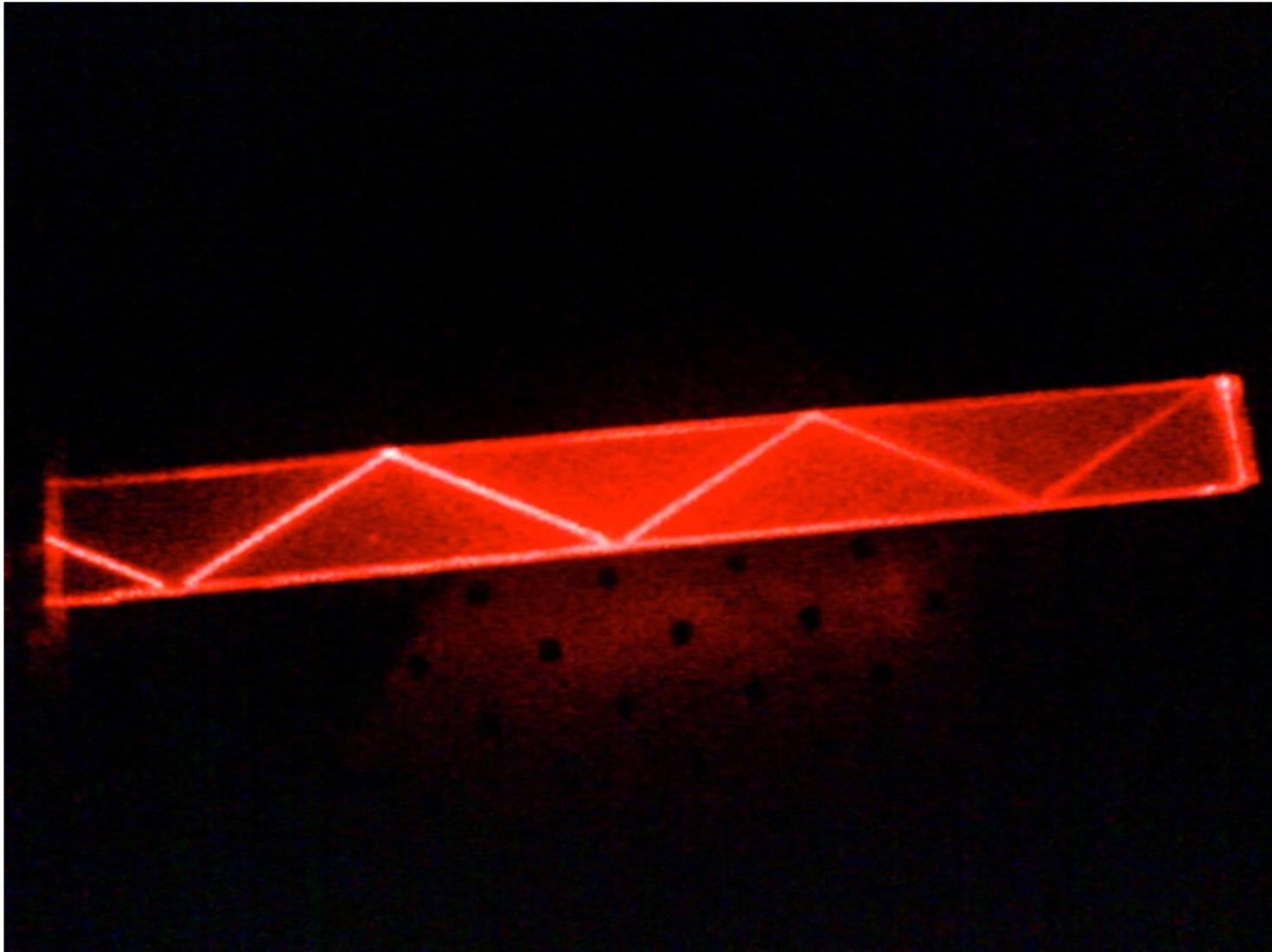


$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_c = n_2 \cdot \text{sen}(90^0)$$

ângulo crítico

$$\theta_c = \text{sen}^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Reflexão Interna Total



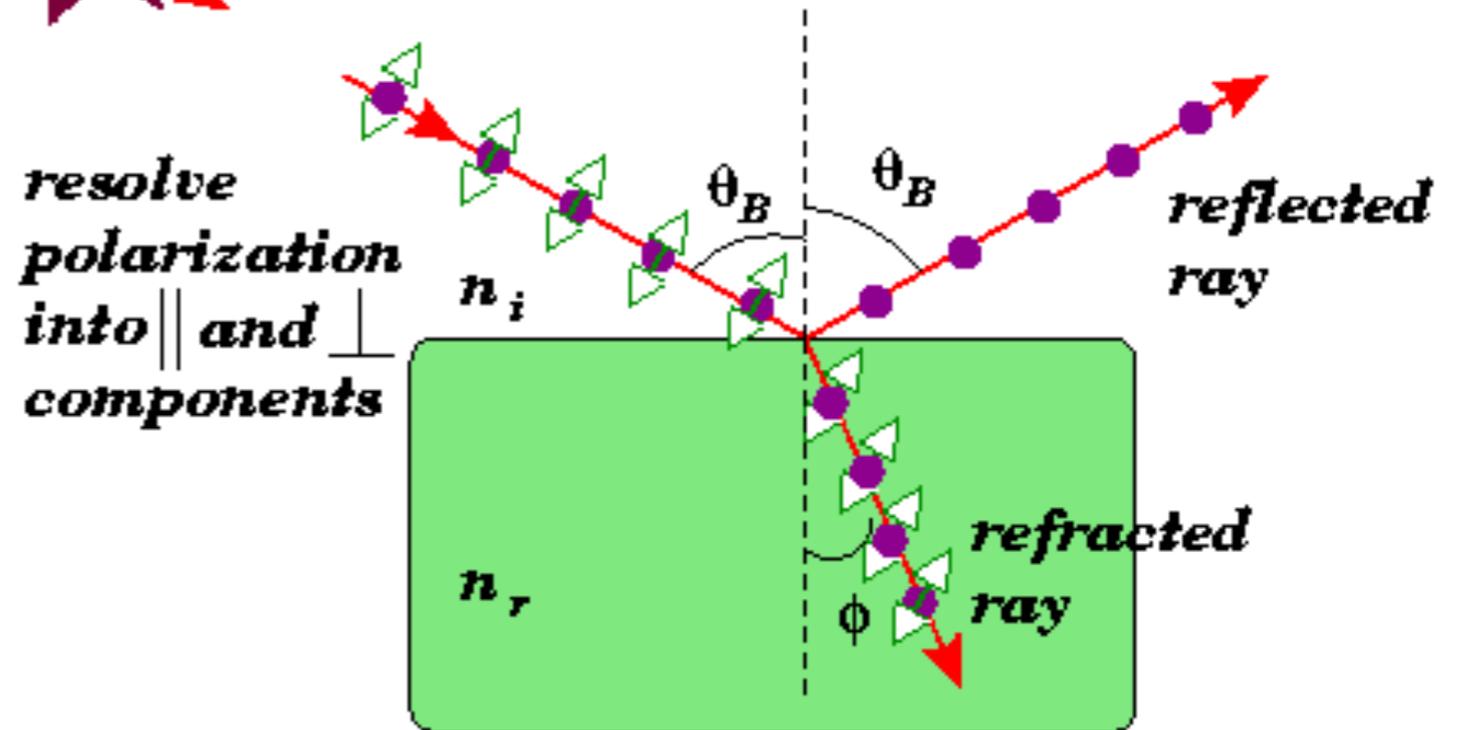
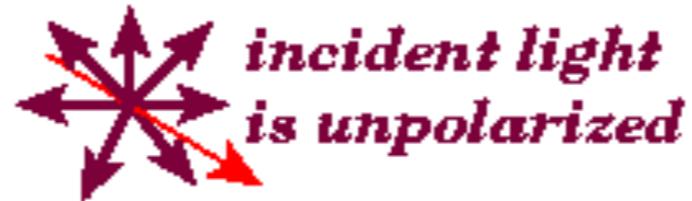
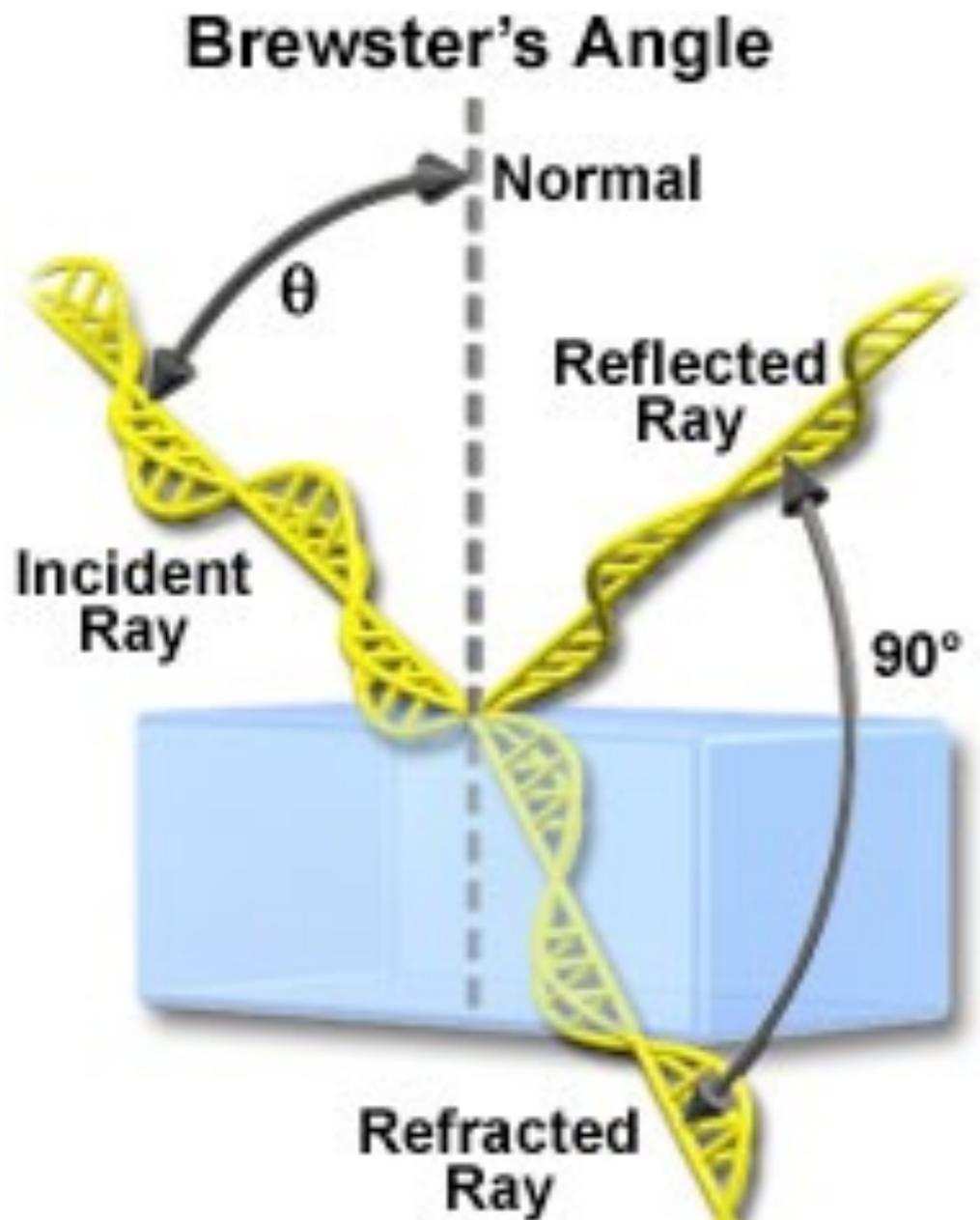
$$\theta_1 = \theta_c \implies \theta_2 = 90^0$$

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_c = \eta_2 \cdot \text{sen}(90^0)$$

ângulo crítico

$$\theta_c = \text{sen}^{-1} \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

Polarização por Reflexão



A luz refletida por uma superfície é totalmente polarizada na direção perpendicular ao plano de incidência quando:

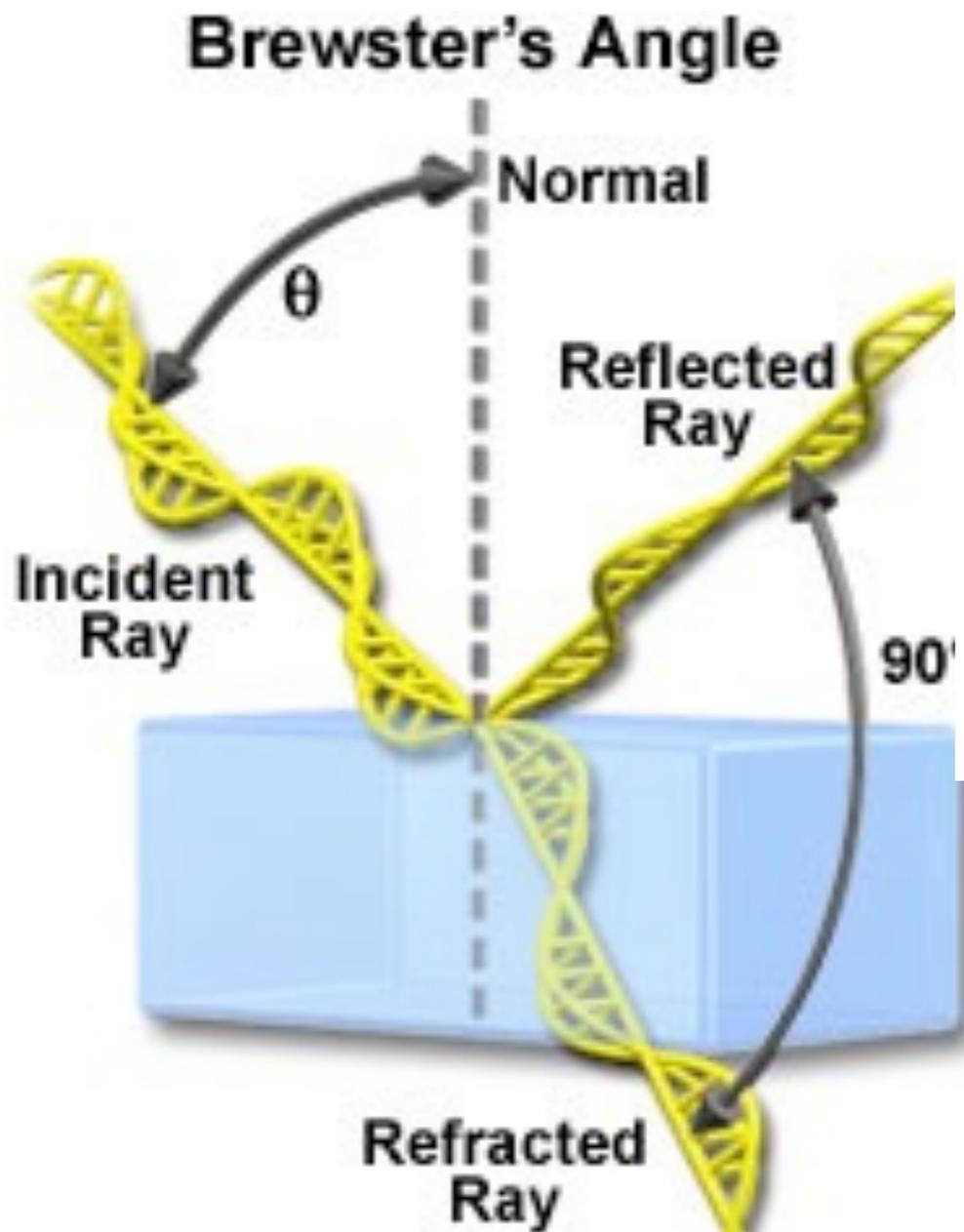
ângulo Brewster

$$\theta_B + \phi_r = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

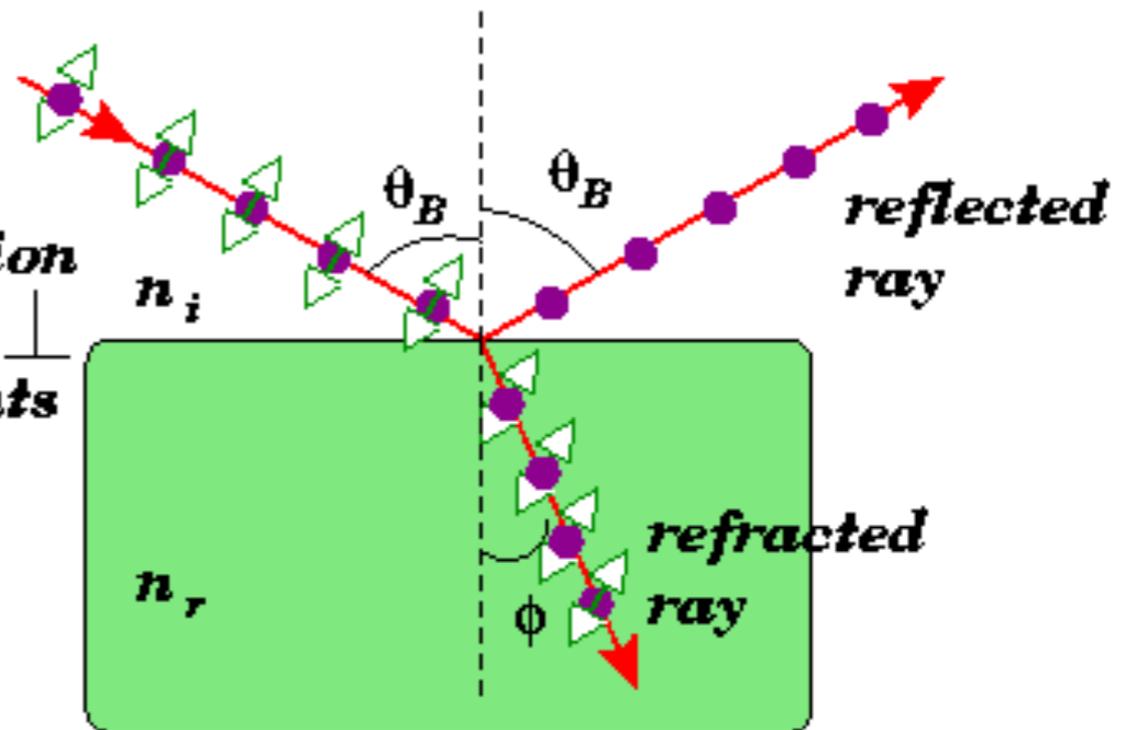
Polarização por Reflexão



$$\text{sen}(A - B) = \text{sen}A \cos B - \text{sen}B \cos A$$



resolve polarization into \parallel and \perp components



$$\theta_B + \phi_r = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

Lei de Snell é definida por:

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_B = \eta_2 \cdot \text{sen} \phi_r$$

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_B = \eta_2 \cdot \cos \theta_B$$

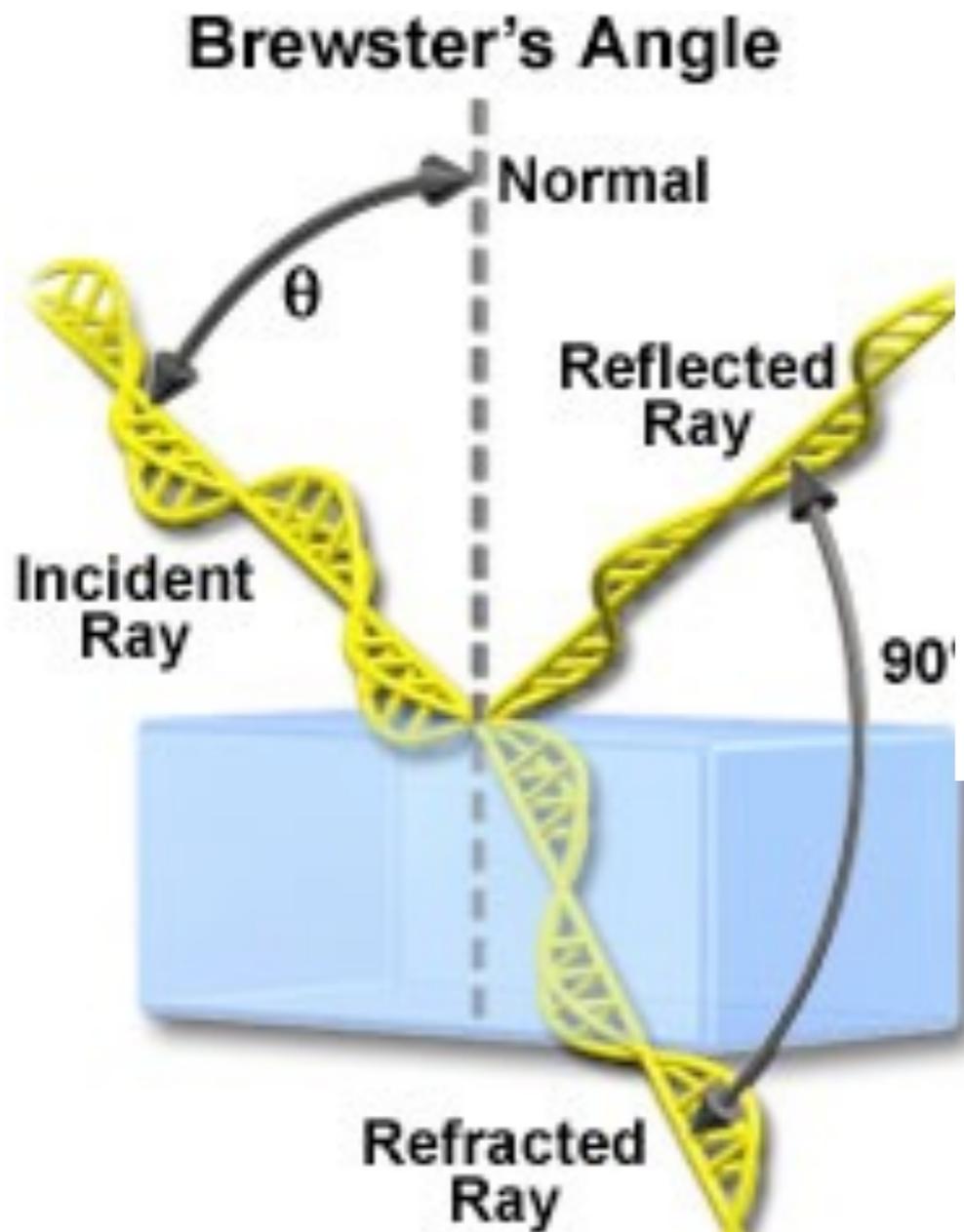
Figure 3

$$\theta_B = \text{tg}^{-1} \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

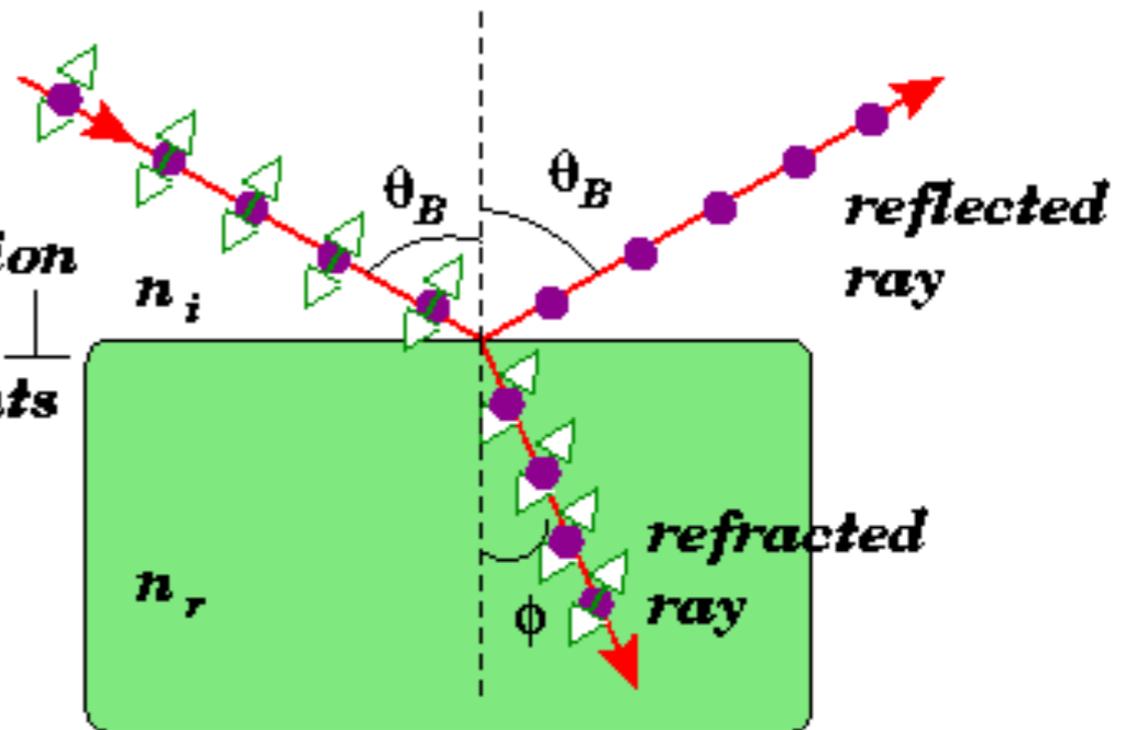
Polarização por Reflexão



$$\text{sen}(A - B) = \text{sen}A \cos B - \text{sen}B \cos A$$



resolve polarization into \parallel and \perp components



$$\theta_B = 90^\circ - \phi_r$$

Lei de Snell é definida por:

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_B = \eta_2 \cdot \text{sen} \phi_r$$

$$\eta_1 \cdot \text{sen} \theta_B = \eta_2 \cdot \cos \theta_B$$

Figure 3

$$\theta_B = \text{tg}^{-1} \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

Aplicações

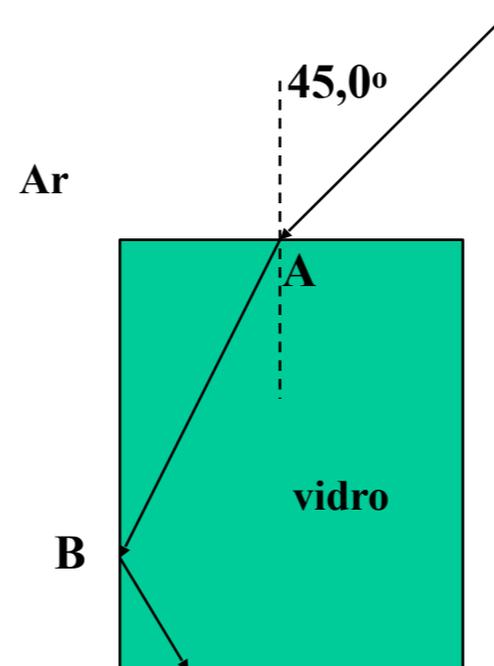


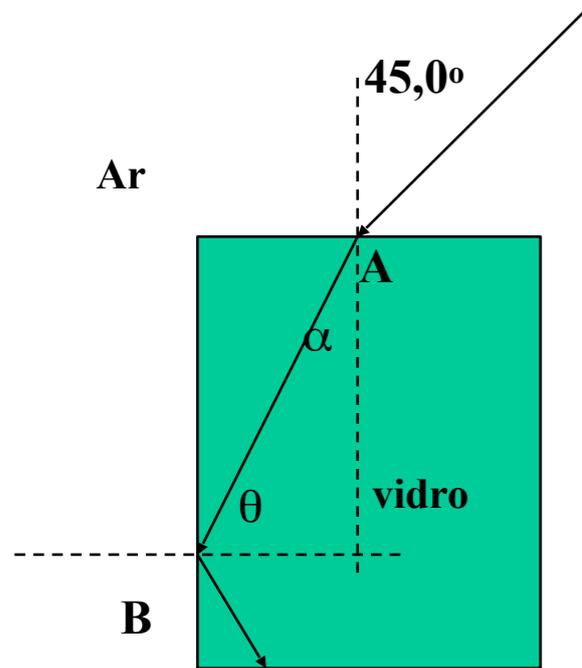
Ângulo Brewster: Fotografia tirada de uma janela com um filtro polarizador câmera girou a dois ângulos diferentes. Na esquerda, o polarizador está alinhado com o ângulo de polarização da reflexão janela. Na foto à direita, o polarizador foi girado 90° eliminando a luz solar refletida fortemente polarizada.

Exercícios

Exercícios

Na figura abaixo, um raio luminoso penetra em uma placa de vidro no ponto A e sofre reflexão interna total no ponto B. Qual o menor valor do índice de refração do vidro que é compatível com esta situação?





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

$$n_{ar} \text{ sen } 45^\circ = n_v \text{ sen } \alpha$$

$$n_v = \frac{\text{sen } 45^\circ}{\text{sen } \alpha} = \frac{\text{sen } 45^\circ}{\cos \theta}$$

$$\text{sen } \theta_c = \frac{n_{ar}}{n_v}$$

$$\text{sen } \alpha = \cos \theta = \sqrt{1 - \text{sen}^2 \theta} = \sqrt{1 - \frac{1}{n_v^2}}$$

$$n_v^2 = \left(\frac{\text{sen } 45^\circ}{\cos \theta} \right)^2 = \frac{\text{sen}^2 45^\circ}{1 - \frac{1}{n_v^2}}$$

$$n_v^2 - 1 = \text{sen}^2 45^\circ \Rightarrow n_v^2 = 1,5 \Rightarrow n_v > 1,2247$$

Teoria Ondulatória da Luz

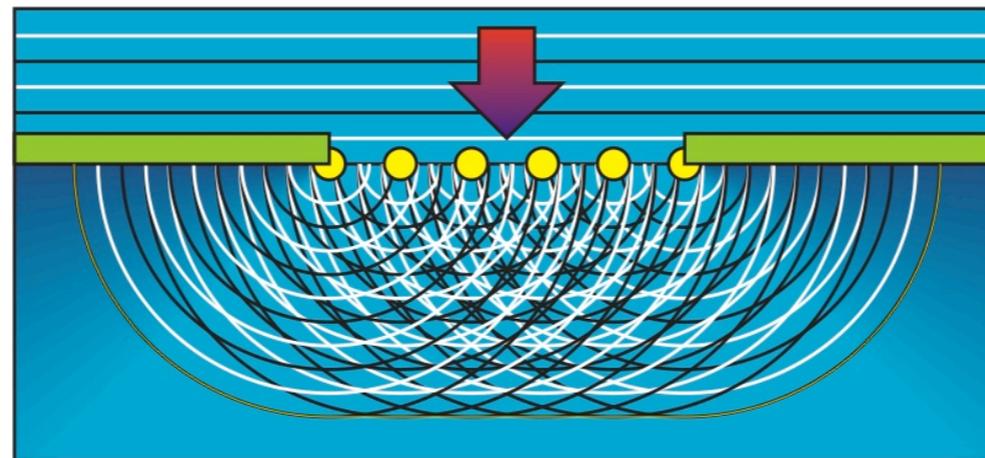
Princípio de Huygens

- ✦ Christiaan Huygens (1629-1695), físico holandês, apresentou a primeira teoria ondulatória da luz em 1678;
- ✦ Teoria mais simples que a Teoria de Maxwell (~ 1865), permite a explicação das leis de reflexão e refração em termos de ondas e define índice de refração.

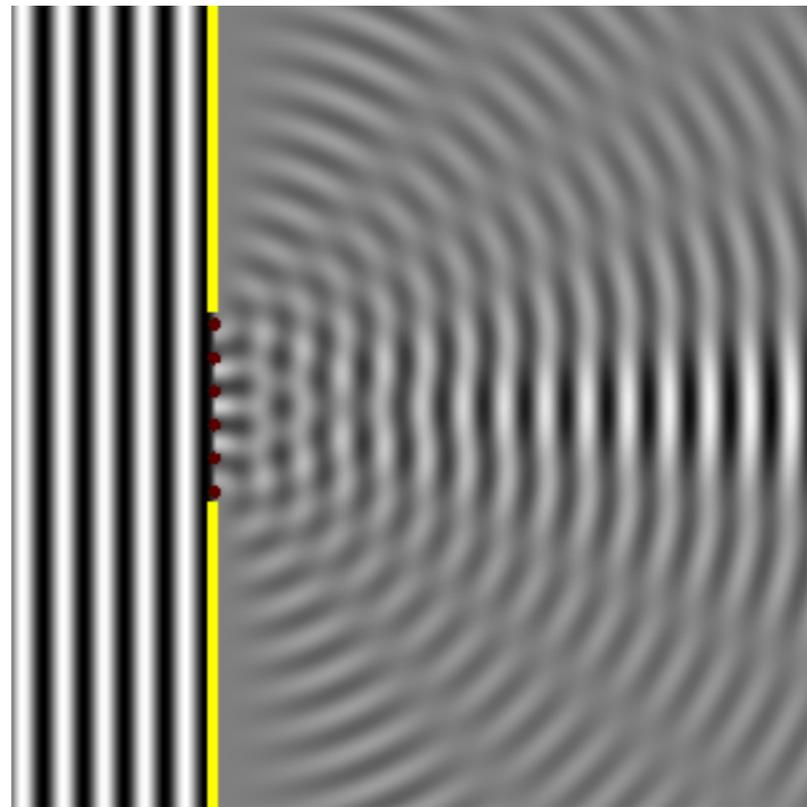


Princípio de Huygens

- ✦ Todos os pontos de uma frente de onda se comportam como fontes pontuais para ondas secundárias.
- ✦ Depois de um intervalo de tempo t , a nova posição da frente onda é dada por uma superfície tangente a estas ondas secundárias.



Princípio de Huygens



Próxima Aula

- Óptica Física
 - Interferência
 - Experimento de Young
 - Coerência
 - Difração