



# Física IV

Prática IV e V

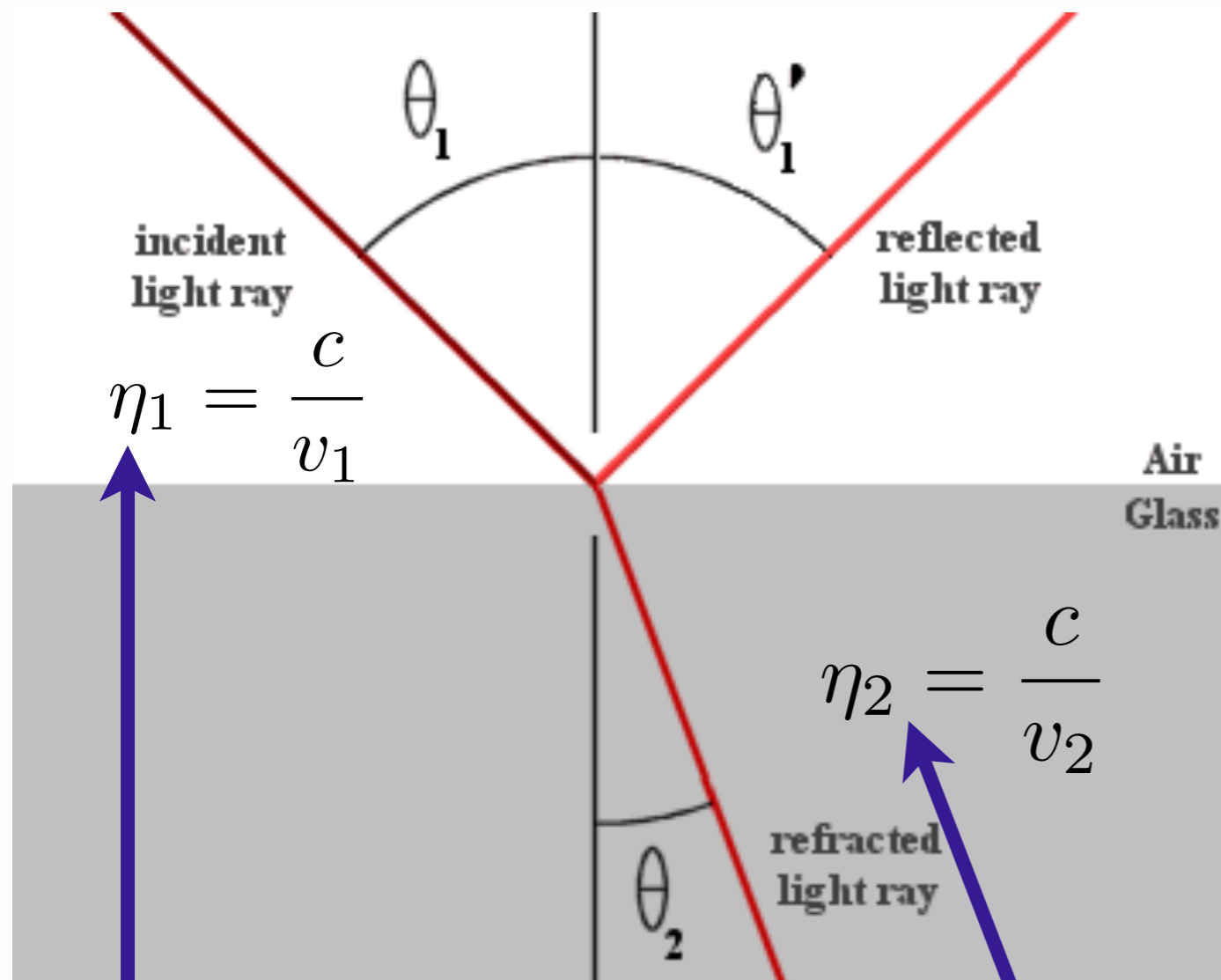
Clemencia Mora Herrera

[clemencia.mora.uerj@gmail.com](mailto:clemencia.mora.uerj@gmail.com)

baseada nos slides do Prof. Sandro Fonseca

# Reflexão e Refração

# Reflexão e Refração



índices de refração dependem do meio e da frequência da O.E.

$$\theta_1 = \theta'_1$$

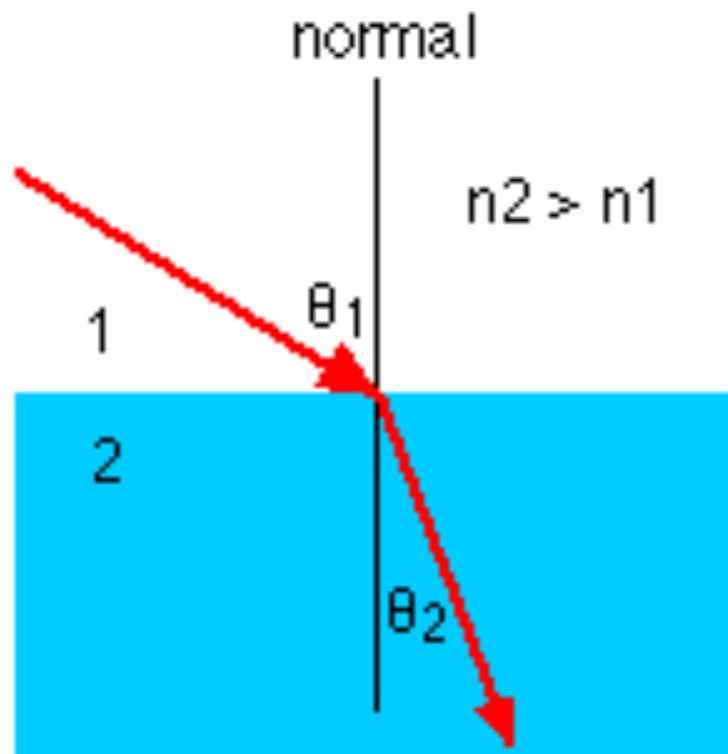
• **Reflexão:** consiste na mudança de direção de propagação de luz.

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

Lei de Snell é definida por:

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

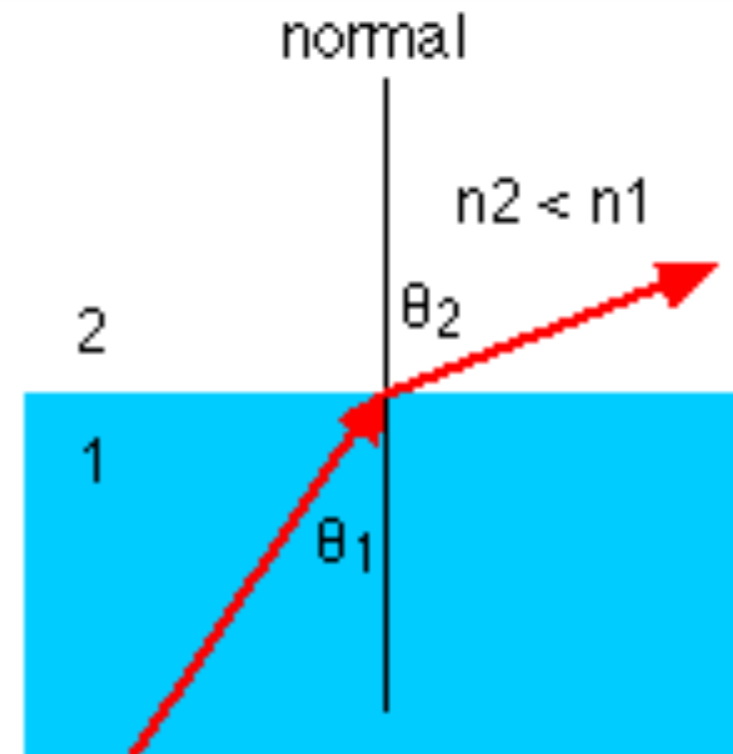
# Considerações sobre Lei de Snell



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**

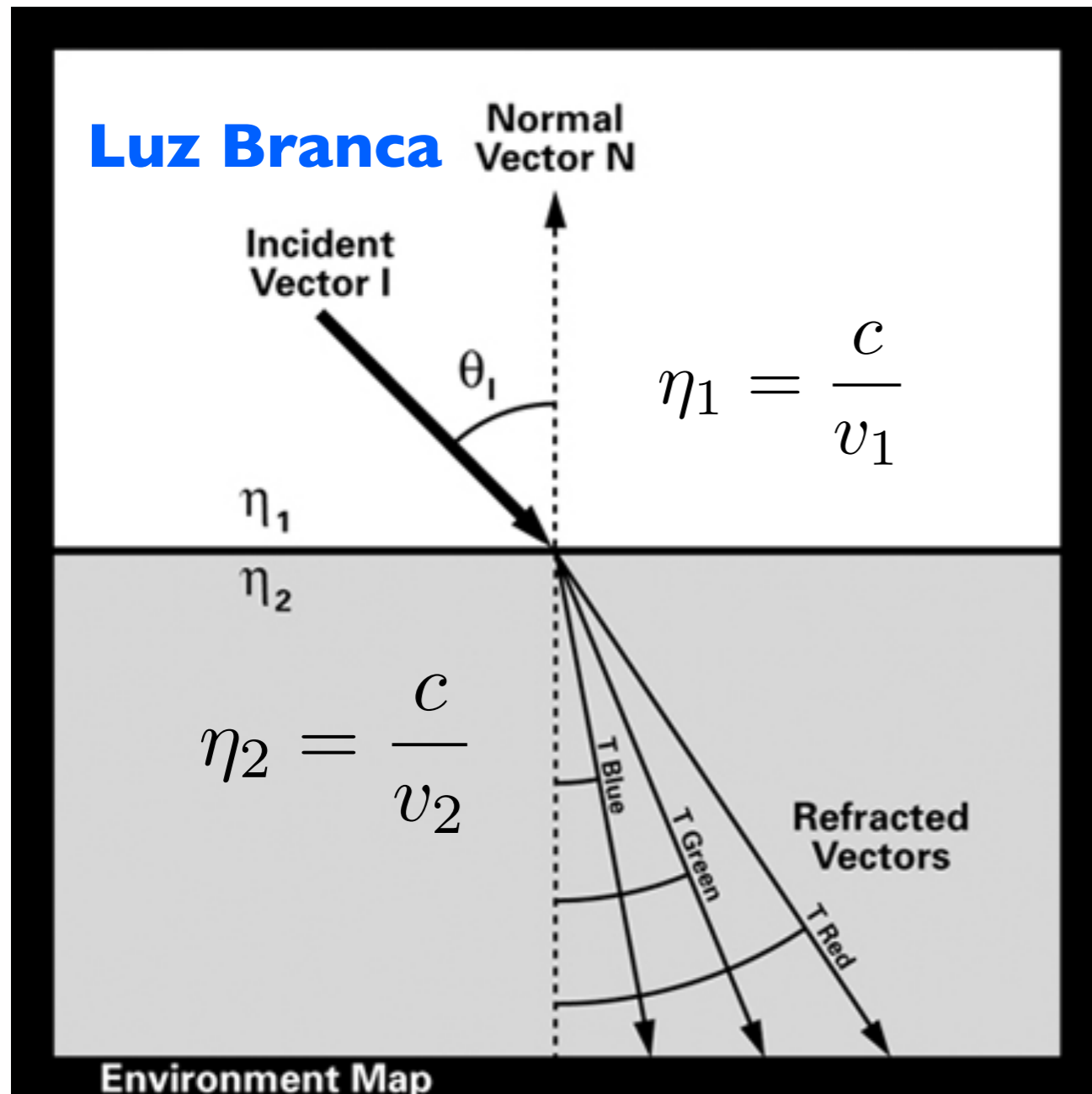


or, equivalently,  $\sin\theta_1 / \sin\theta_2 = v_1 / v_2$

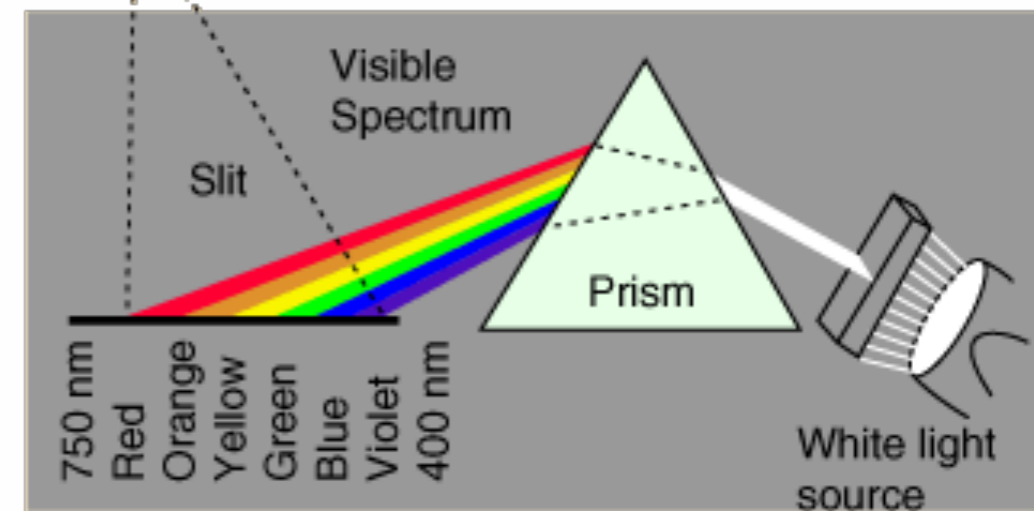
$$n_2 < n_1 \implies \theta_2 > \theta_1$$

**raio luminoso  
afasta-se da  
normal**

# Dispersão Cromática



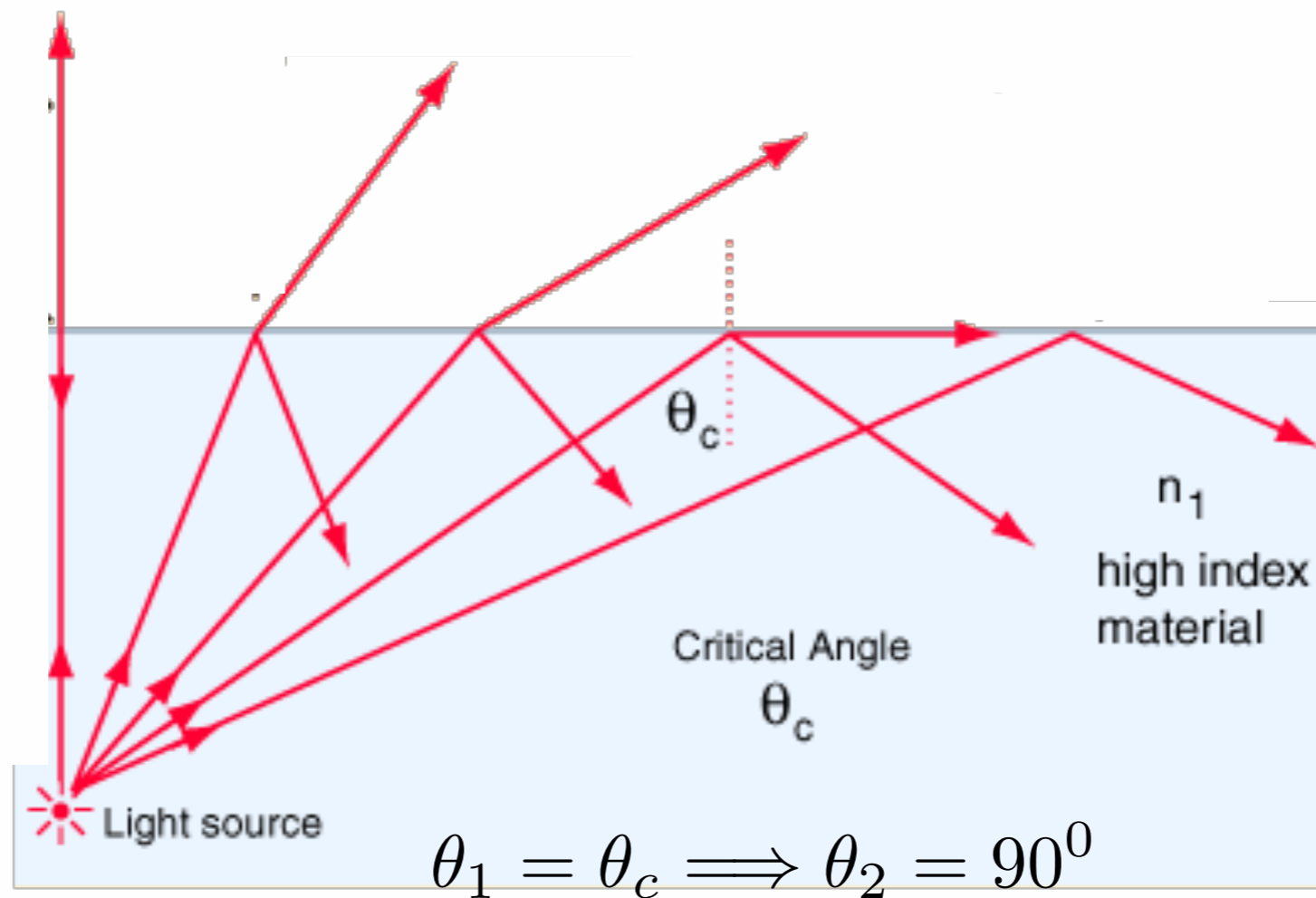
Radio	Far IR, Micro- wave	IR	UV	x-ray $\gamma$ -ray
-------	---------------------------	----	----	------------------------



**Por que o ângulo de cada uma das cores é diferente para o mesmo material?**

# Reflexão Interna Total

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

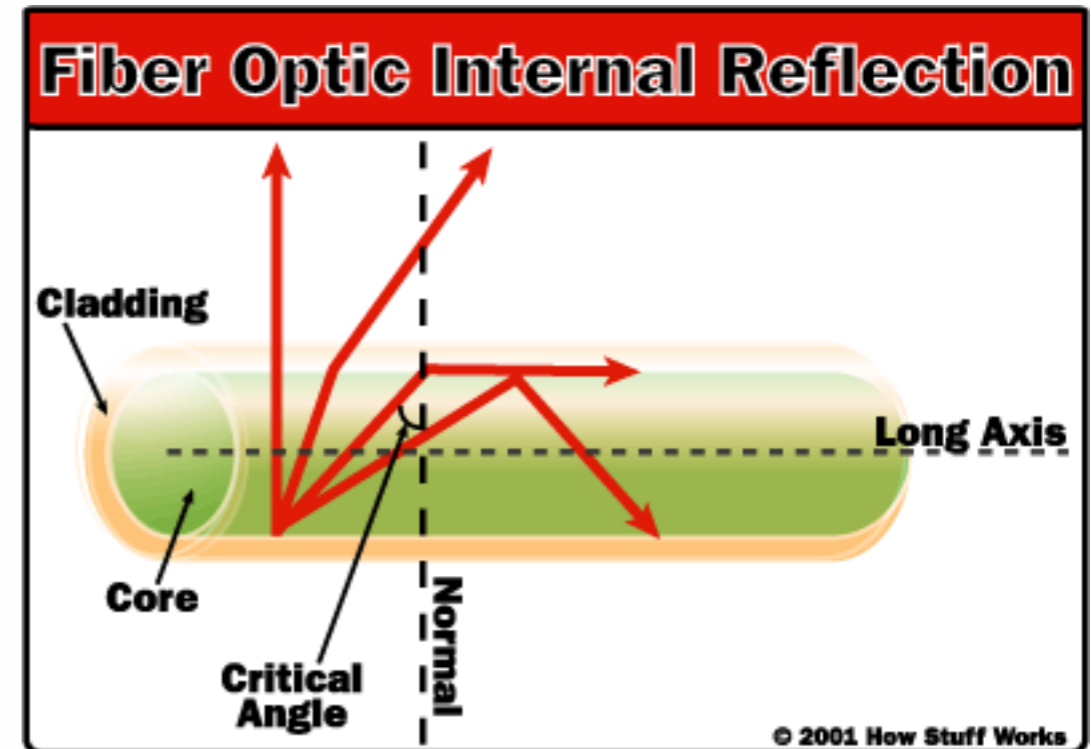
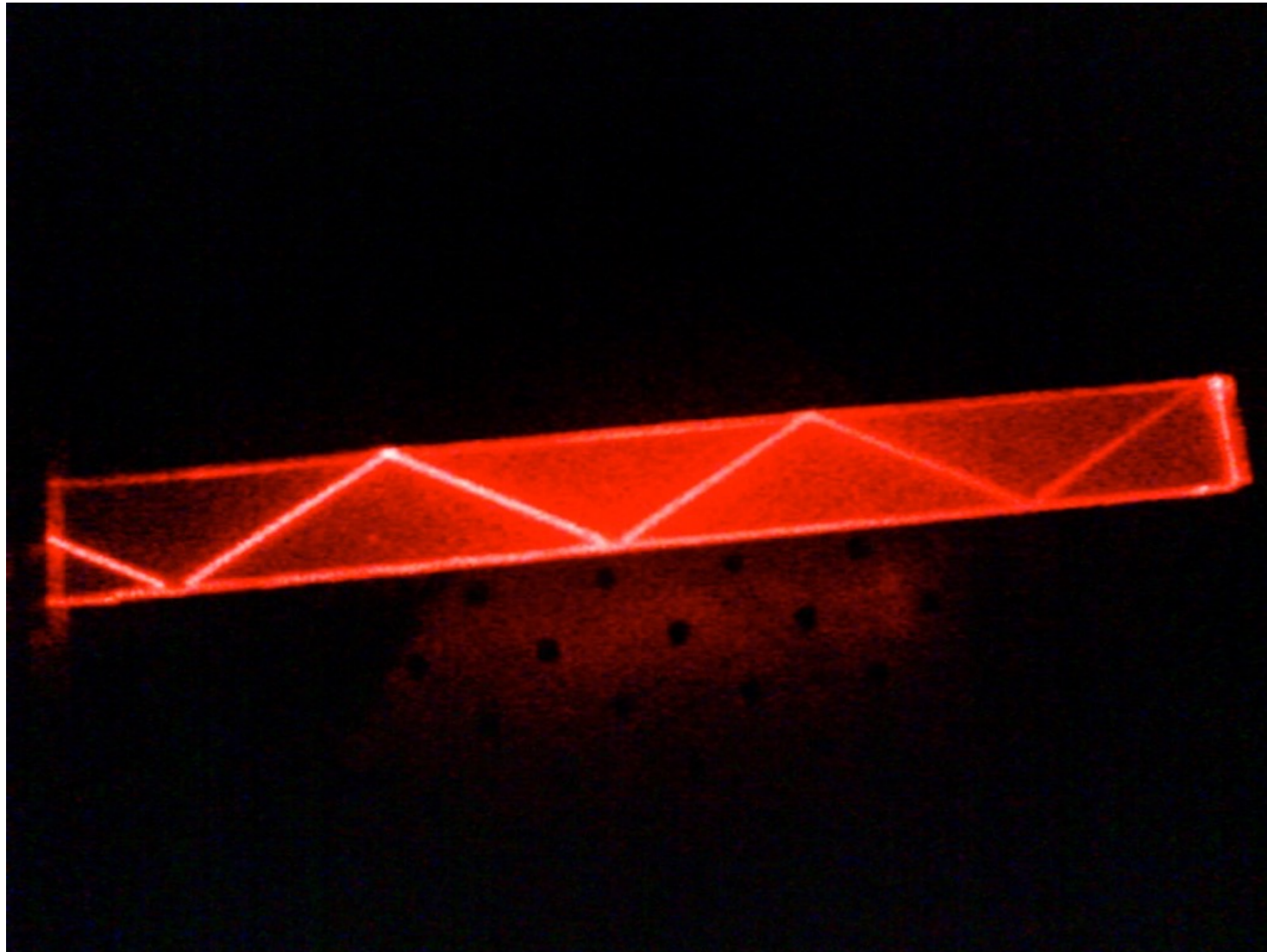


$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_c = n_2 \cdot \text{sen}(90^\circ)$$

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

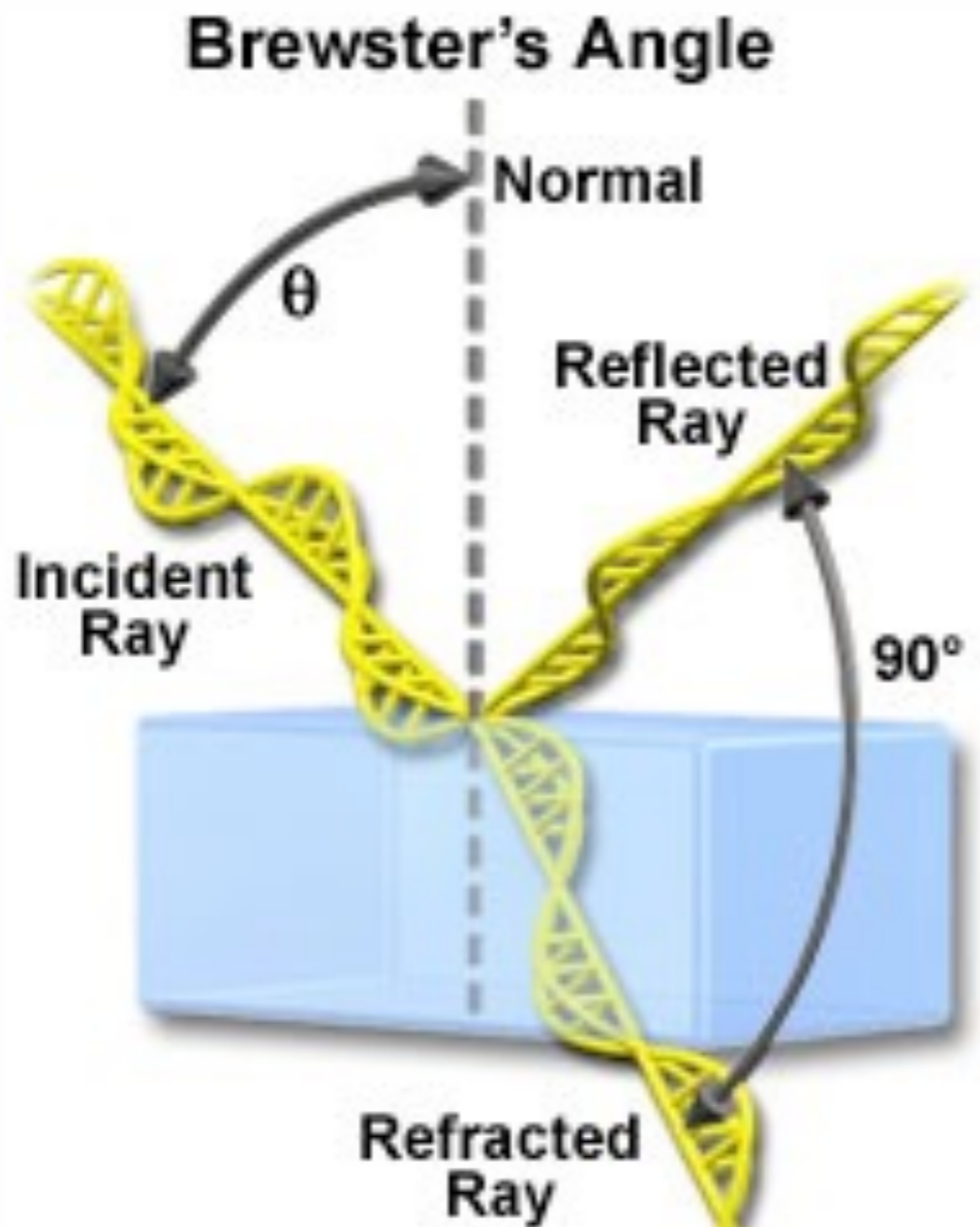
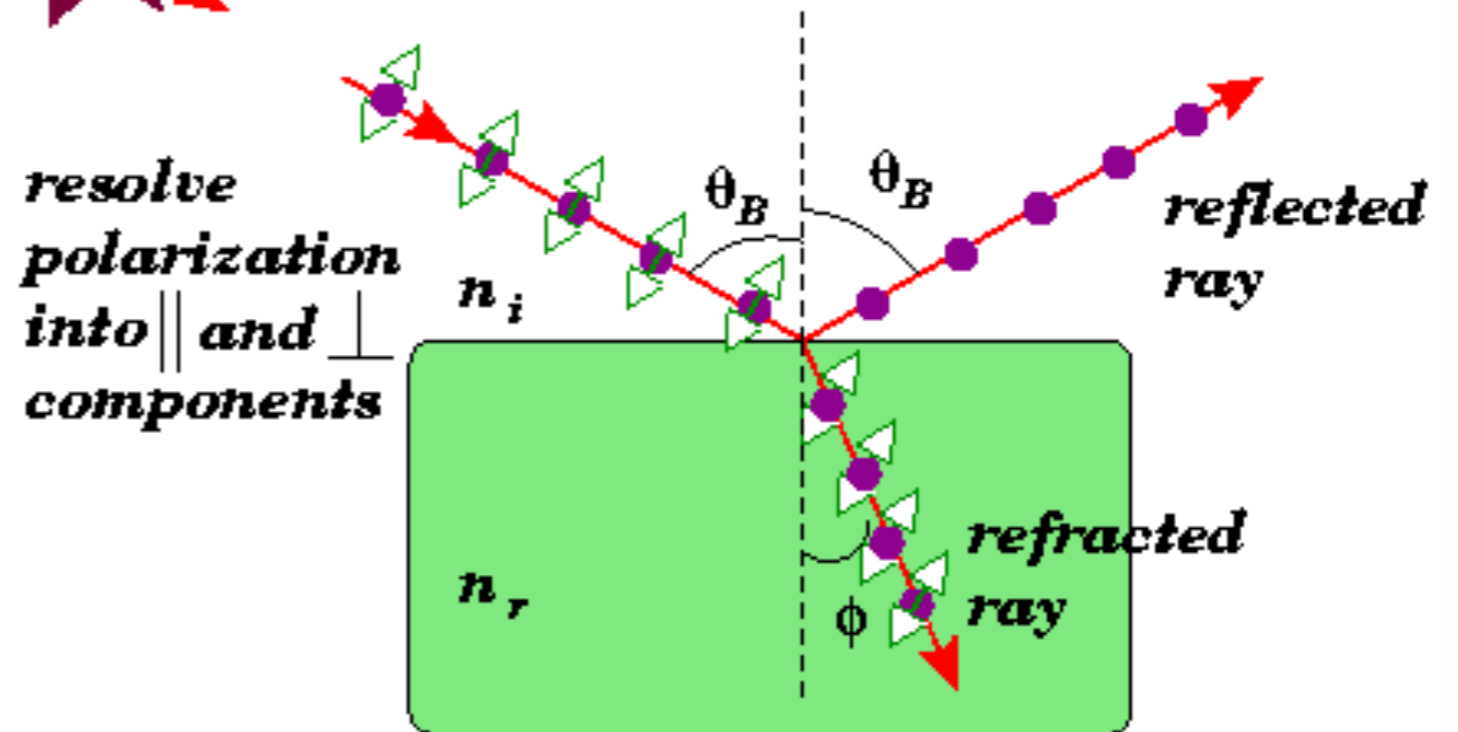
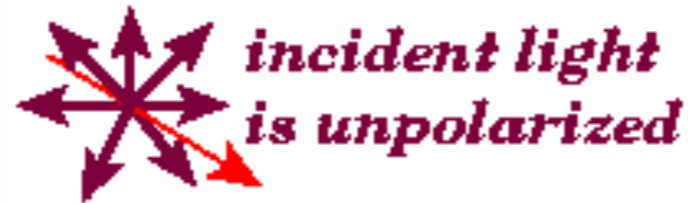


Figure 3



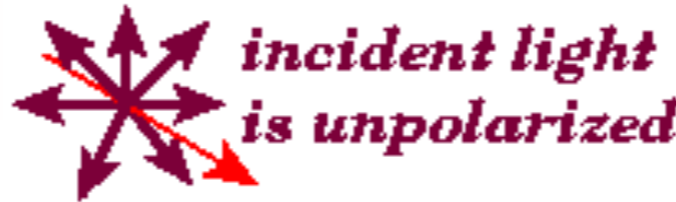
A luz refletida por uma superfície é **totalmente polarizada** na direção **perpendicular ao plano de incidência** quando:

ângulo Brewster

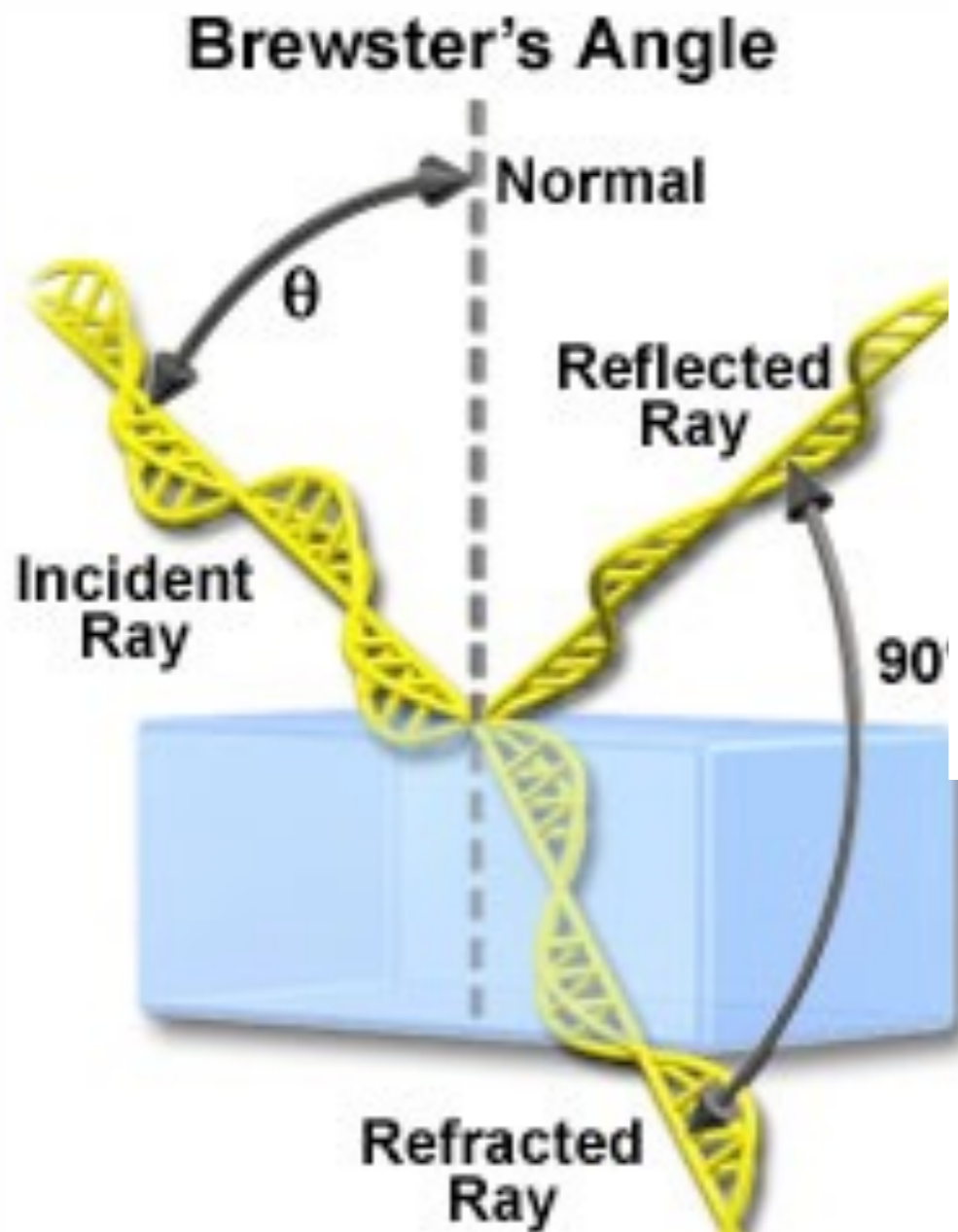
$$\theta_B + \phi_r = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$



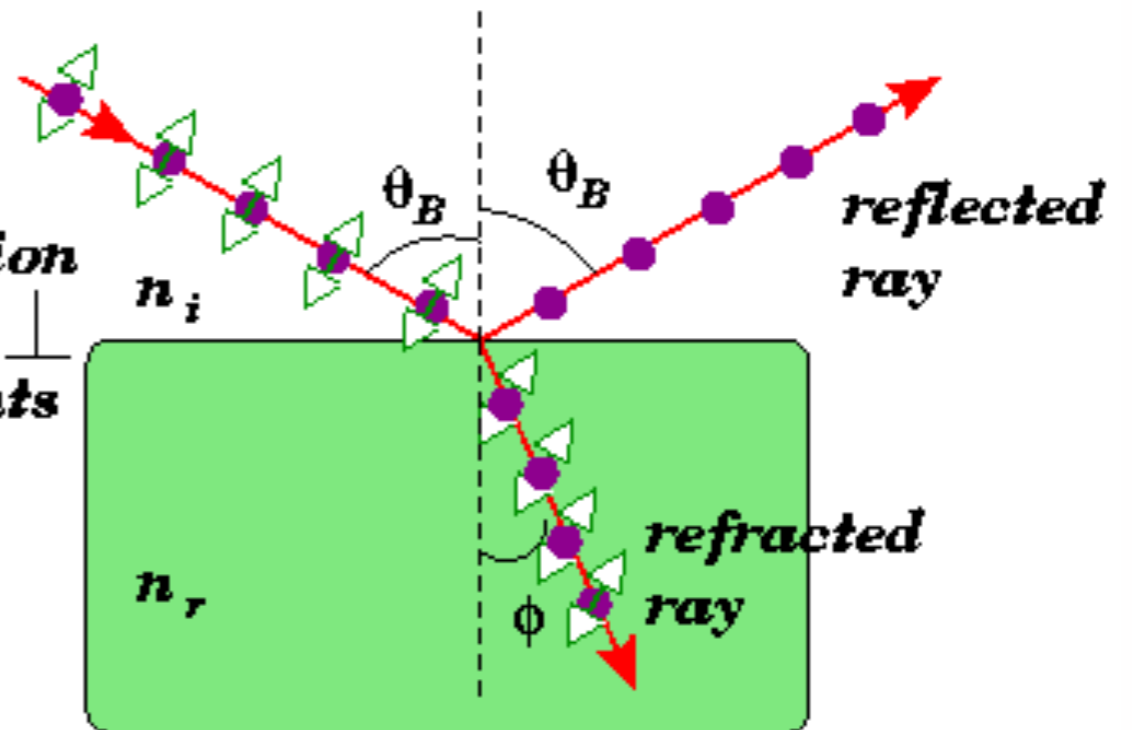
# Polarização por Reflexão



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



*resolve polarization into || 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  $90^\circ$  eliminando a luz solar refletida fortemente polarizada.

# Objetivo Prática IV

- Verificação da Lei de Reflexão; →fazer gráfico e ajuste MMQ
- Observação do fenômeno da polarização por reflexão e determinação do índice de refração de acrílico e vidro, usando a Lei de Brewster (um único ângulo);

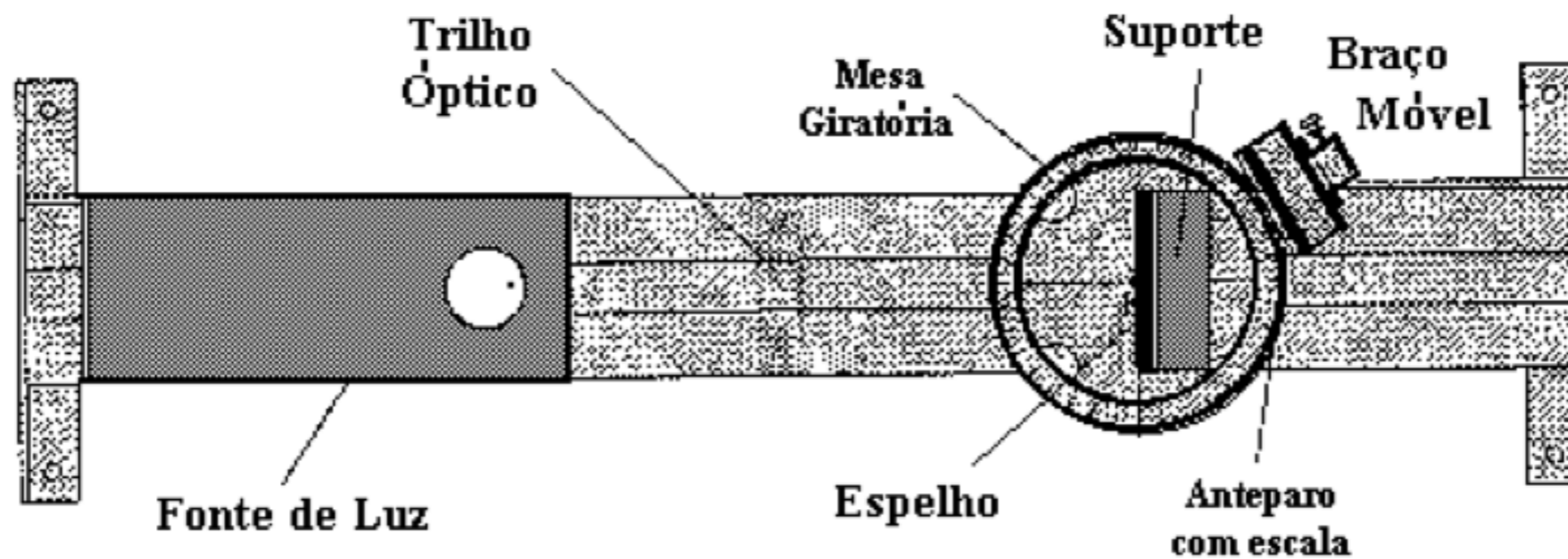
# Objetivo Prática V

- Verificação da Lei de Snell; →fazer gráfico e ajuste MMQ
- Medir o índice de refração do acrílico, usando o resultado do ajuste da lei de Snell e o ângulo crítico de reflexão total interna (um único ângulo).

# Material Utilizado

- fonte LASER
- mesa giratória
- bloco de acrílico
- polarizador
- banco óptico
- bloco de vidro

# Setup Experimental



# Atenção



**CUIDADO! Não exponha os olhos ao feixe de LASER.  
Mantenha o nível dos olhos sempre acima do plano  
horizontal do feixe.**

# Verificação da Lei da Reflexão



# Procedimento

1. Ligue a fonte laser, e certifique-se de que o banco óptico esteja paralelo ao feixe LASER (alinhamento do banco óptico); *Porque esse alinhamento é importante?*
2. Coloque a mesa giratória sobre o banco óptico, e certifique-se de que o **zero da mesa esteja alinhado** com a direção do feixe LASER incidente. Além disto, o feixe LASER deve passar sobre o centro da mesa giratória (alinhamento da mesa giratória);
3. Coloque o anteparo no braço da mesa giratória, e posicione-o em **180 graus**, de modo a **usar o 2 da escala** do anteparo como referência para medidas de ângulo;
4. Coloque o bloco de acrílico na mesa giratória e **alinhe** o conjunto;
5. Ajuste o bloco de acrílico de forma que para  $\theta_i=0^\circ$ , a luz refletida pelo bloco coincida com a direção do feixe emitido pelo laser.

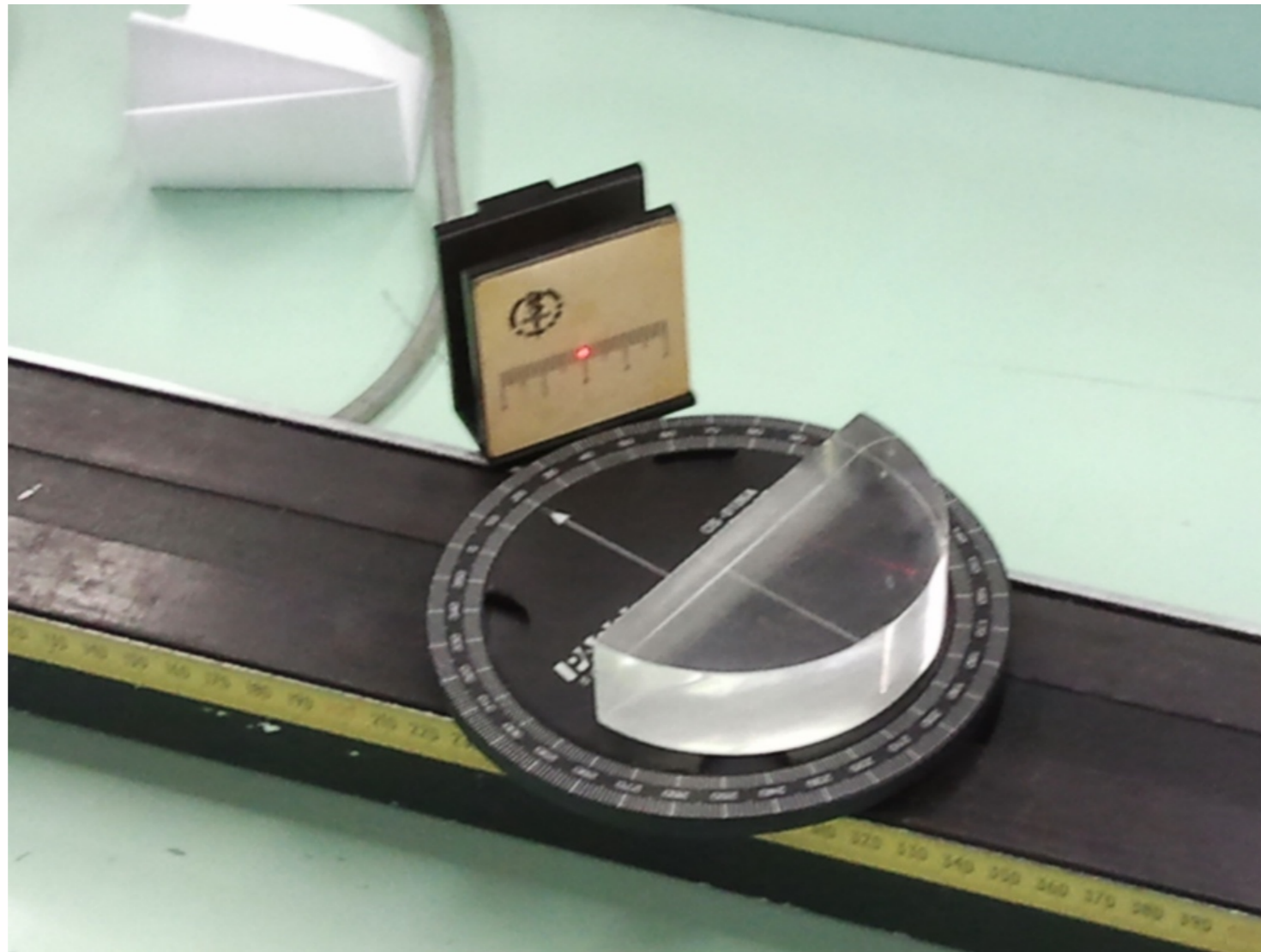
# Procedimento

6. Gire o bloco de um ângulo  $\theta_i=20^\circ$  e meça o ângulo de reflexão, girando o braço da mesa giratória ate que o feixe refletido coincida com o 2 da escala.
  - i. meça o ângulo de reflexão  $\theta'$  que o braço **faz com a normal** e compare com o ângulo de incidência.
  - ii. repita a medida para varios (5-10) valores de  $\theta_i$ , entre  $20^\circ$  e  $80^\circ$ . Monte a tabela  $\theta_i \times \theta'$
7. Faça um gráfico de  $\theta_i \times \theta'$  e, aplicando o método dos mínimos quadrados, verifique se a experiência está compatível com a lei da reflexão ( $\theta_i = \theta'$ ).

# Setup Experimental

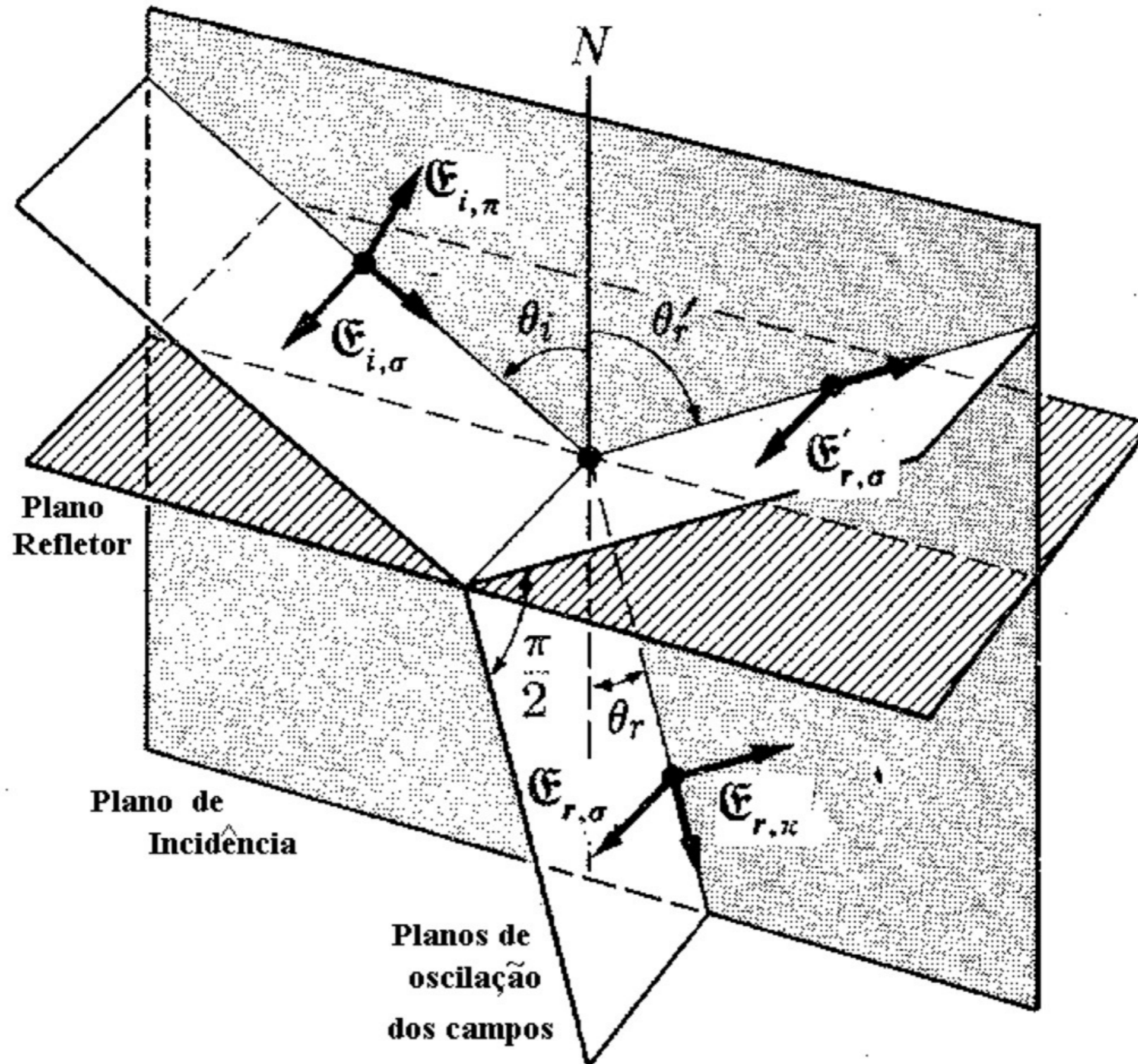


# Setup Experimental



# Verificação da Lei de Brewster

# Lei de Brewster

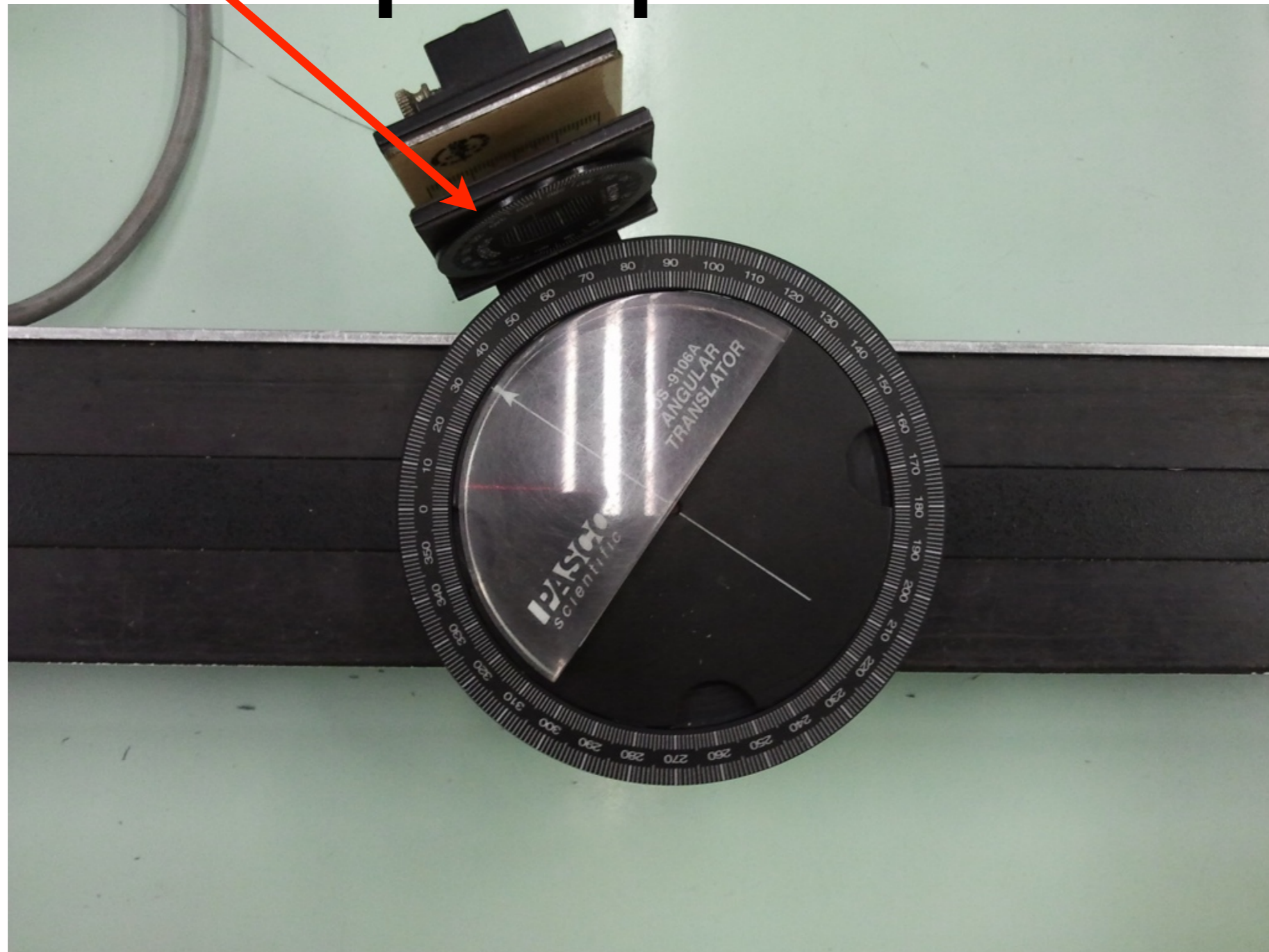


# Procedimento

- Para a verificação da lei de Brewster, monte a fonte LASER e a mesa giratória sobre o banco óptico;
- Coloque o bloco de vidro sobre a mesa giratória, numa posição de referência ( $0^\circ$ ), e o anteparo no braço da mesa giratória;
- Faça o feixe de luz incidir no bloco de vidro e ajuste o sistema de forma que seja possível observar os feixes refletidos no anteparo. Deve ser possível observar dois pontos (por quê?);
- Coloque um polarizador entre o anteparo e o bloco de vidro, com seu eixo de polarização paralelo ao plano de incidência (slide anterior). Como determinamos a correta orientação do eixo de transmissão do polarizador, para que possamos encontrar o ângulo de Brewster?
- Agora, varie o ângulo de incidência, acompanhando no anteparo a imagem do feixe refletido. Quando a imagem desaparecer, o ângulo de incidência é o ângulo de Brewster. Meça este ângulo e determine o índice de refração do vidro; Por que, para esse ângulo, a imagem do feixe refletido desaparece?
- Repita o procedimento usando um bloco de acrílico.

Polarizador

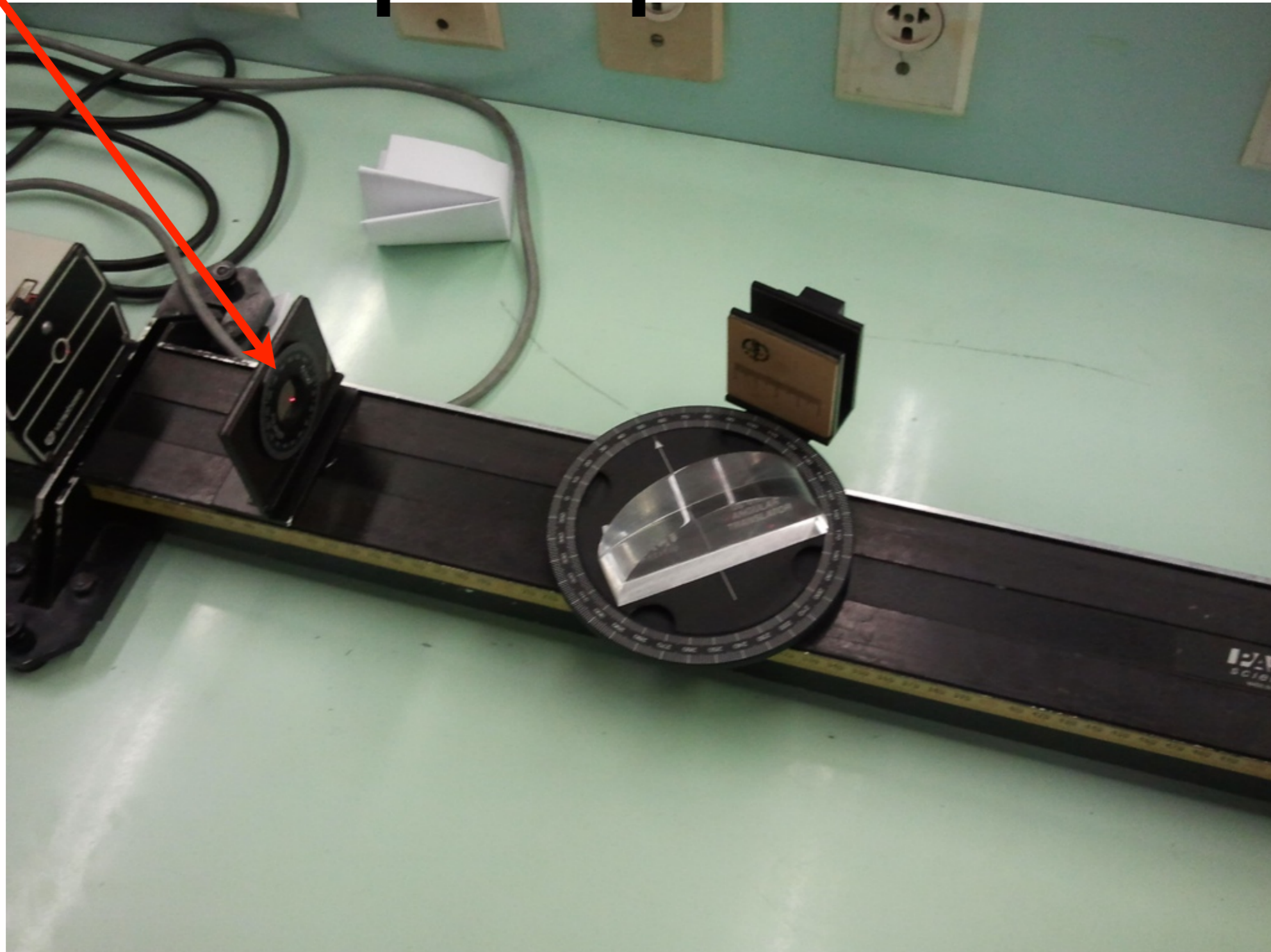
# Setup Experimental





Polarizador

# Setup Experimental



# Estudo da refração em uma interface

# Procedimento

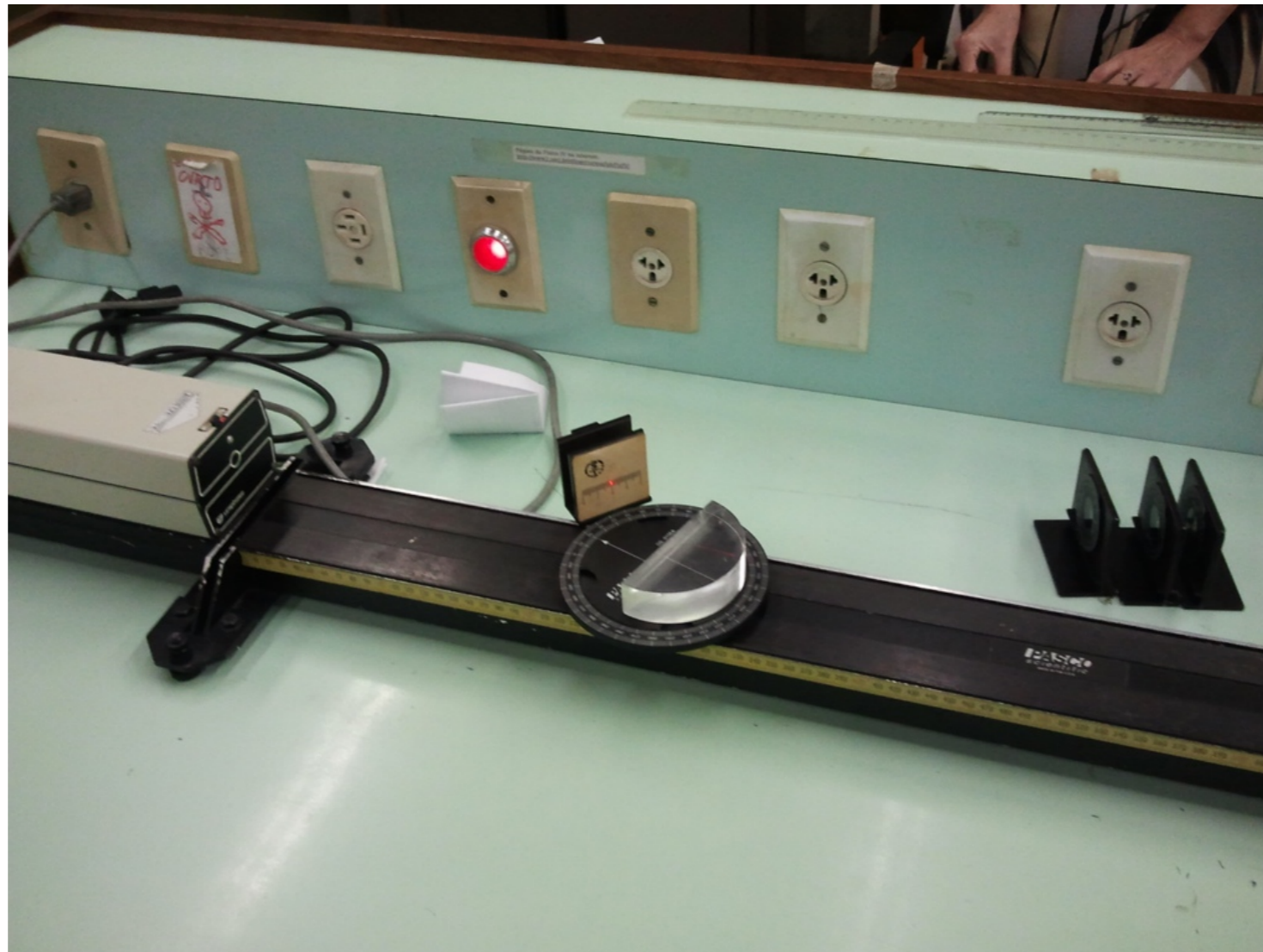
- Coloque a mesa giratória sobre o banco óptico, e ajuste a meia-lua de acrílico sobre a mesa. A face plana da meia-lua deve coincidir com a linha transversal no centro da mesa giratória, de modo a que a seta indique a normal à face;
- Faça o alinhamento do sistema;
- Coloque o anteparo com escala sobre o braço giratório da mesa, e ajuste-o de modo a usar o 2 da escala como referência para medidas de ângulo de refração, usando a incidência normal;
- Variando o ângulo de incidência de 10 graus em 10 graus, meça os ângulos de refração, e construa uma tabela;
- Faça um gráfico de  $\text{sen } \theta_i \times \text{sen } \theta_r$  em papel milimetrado (ou excel ou outro programa do seu agrado). *A partir da lei de Snell, o que podemos esperar deste gráfico?*
- Use o método dos mínimos quadrados para extrair o índice de refração do material, bem como o erro experimental referente à essa medida e verifique se o resultado está de acordo com o esperado ( $n = 1,49$ ).

# Reflexão total e ângulo crítico

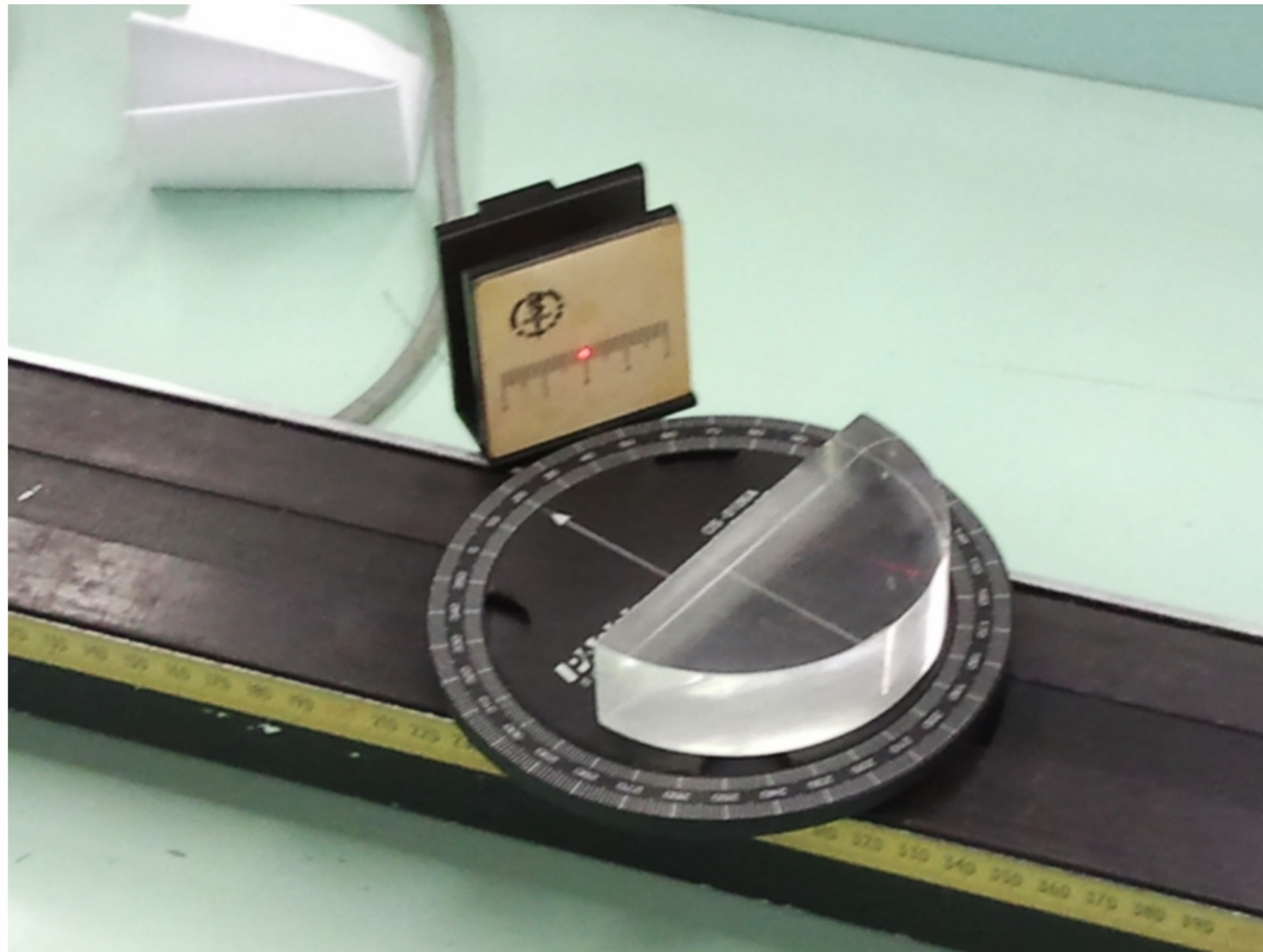
# Procedimento

- Utilize o mesmo arranjo do primeiro método, fazendo o feixe incidir na face curva da meia-lua, de modo a permitir o estudo do comportamento do feixe refratado do acrílico para o ar;
- Consulte a tabela construída no primeiro método, e verifique o princípio da reversibilidade dos raios luminosos;
- Verifique que para ângulos de incidência acima de um determinado valor  $\theta_c$ , chamado de ângulo crítico, não existe feixe transmitido, e o feixe incidente sofre o fenômeno da reflexão total (**Sugestão:** observe este fenômeno com as luzes da sala apagadas);
- **Meça o ângulo crítico  $\theta_c$** , e use esta medida para **determinar o índice de refração** do acrílico que compõe a meia-lua utilizada, através da expressão,  $n_2 = 1/\text{sen}\theta_c$  onde assumimos que  $n_1 = 1$  (do ar).

# Setup Experimental



# Setup Experimental



# Conclusões