

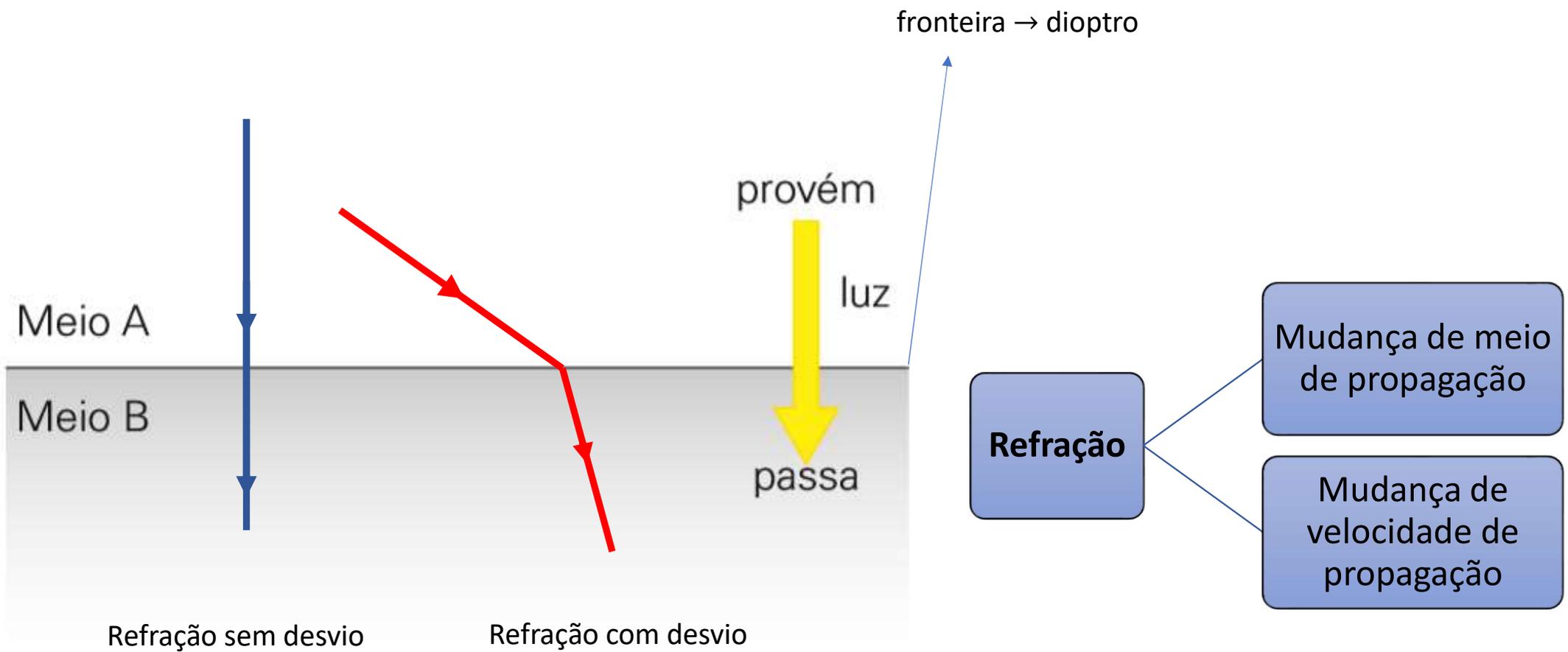
## Refração da luz

- Aulas 31 e 32 / Página 528 / Tetra 2

Apresentação, orientação e tarefa: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

**Professor Caio**

# 1. Definição



## 2. Velocidade de propagação da luz

---

### No ar ou no vácuo

- Qualquer cor

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

### Nos demais meios

- A velocidade de propagação depende do meio e da cor da luz.

$$v < 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

### 3. Índice de refração absoluto (n)

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

Sempre  $c = 3 \times 10^8$  m/s

Velocidade de propagação da luz no meio

- Indica o quanto um meio reduz a velocidade de propagação da luz (v)
- Depende do meio de propagação e da cor da luz
- Grandeza adimensional



#### No ar ou no vácuo

- Qualquer cor:  $n = 1$  (menor valor)

#### Nos demais meios

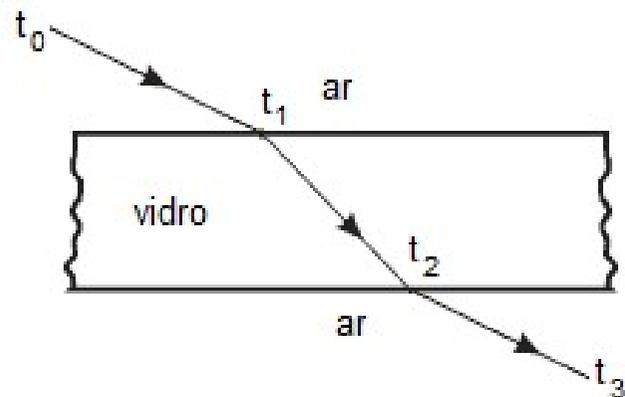
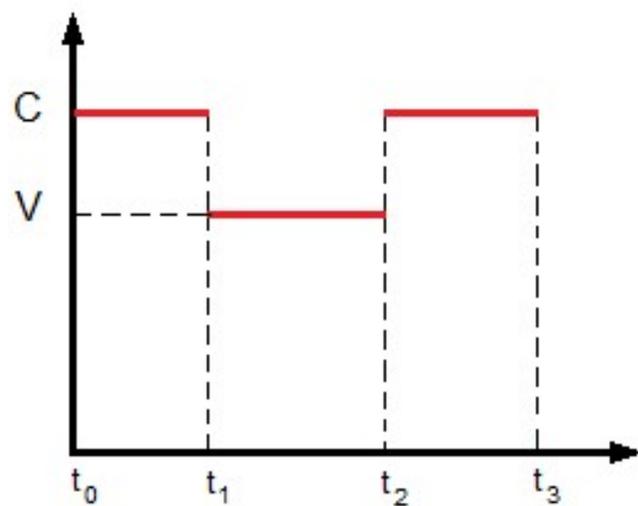
- $n > 1$  (depende do meio e da cor da luz)

## 4. Índice de refração relativo

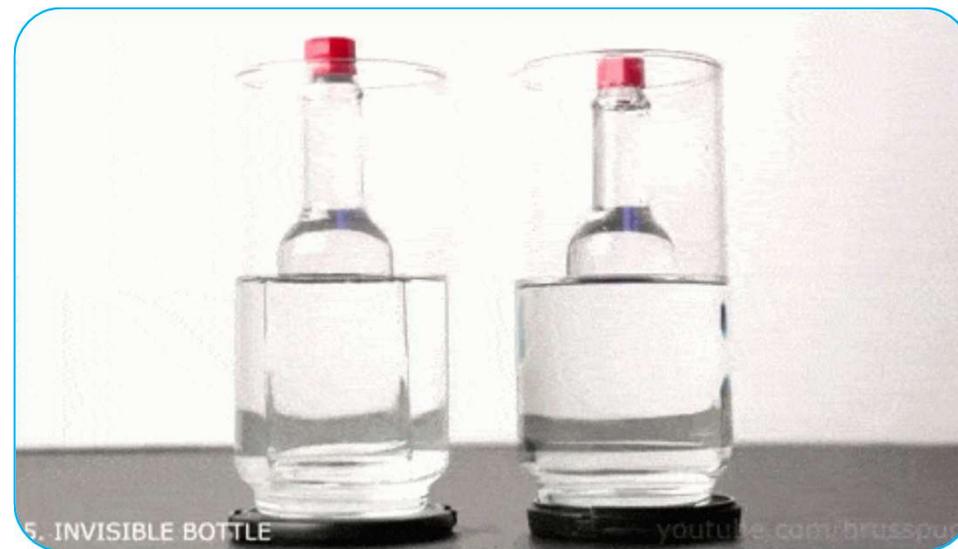
$$n_{A,B} = \frac{n_A}{n_B}$$



Dica 1

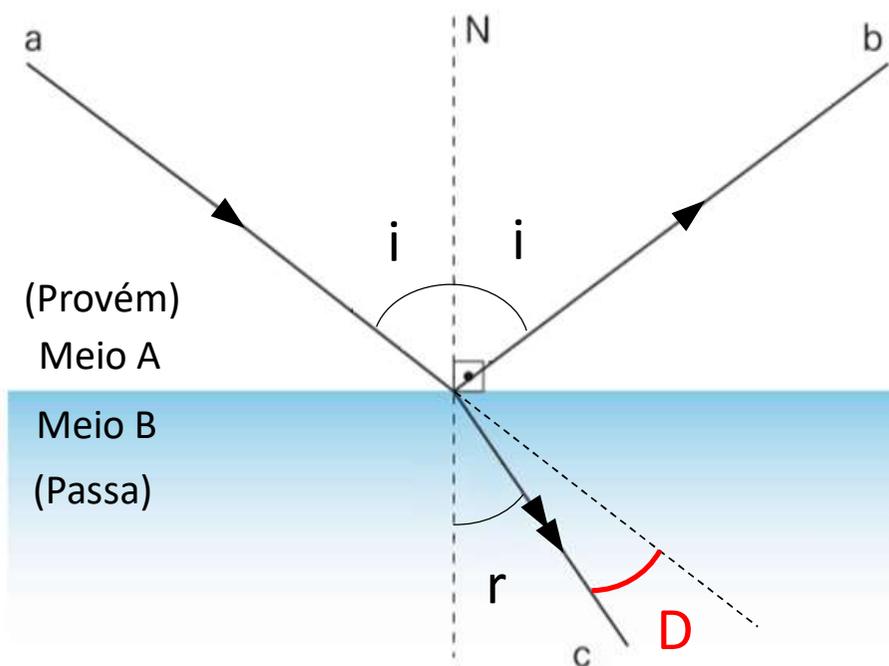


Dica 2



$$n_{\text{glicerina}} \cong n_{\text{vidro}}$$

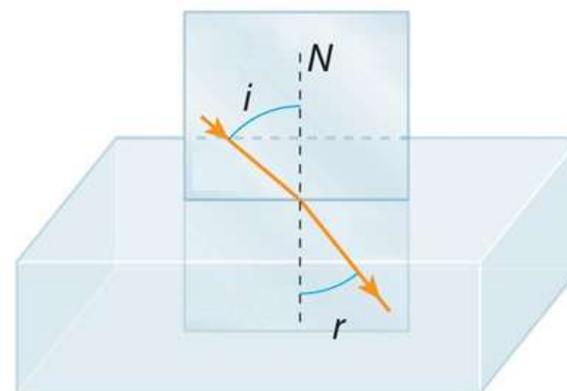
## 5. Lei da refração



- a: raio incidente
- b: raio refletido
- c: raio refratado
- N: reta normal
- i: ângulo de incidência
- r: ângulo de refração
- **D: desvio angular**

### 1ª Lei

Raio incidente, reta normal e raio refratado pertencem ao mesmo plano.



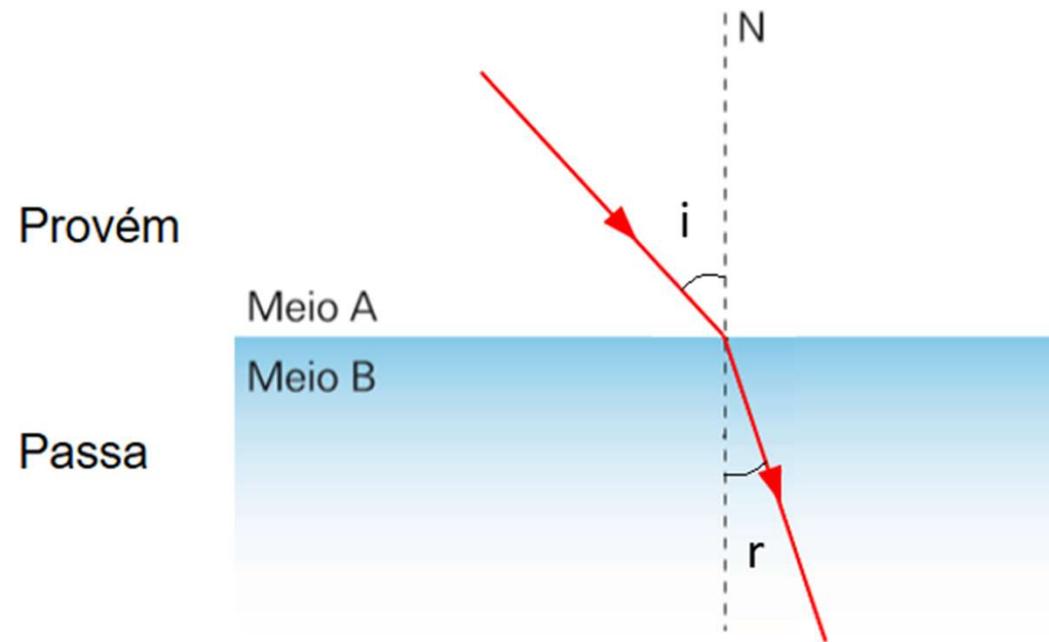
### 2ª Lei

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}} = \frac{v_{\text{provém}}}{v_{\text{passa}}}$$

Toda refração é  
acompanhada de reflexão!



## 2º Lei

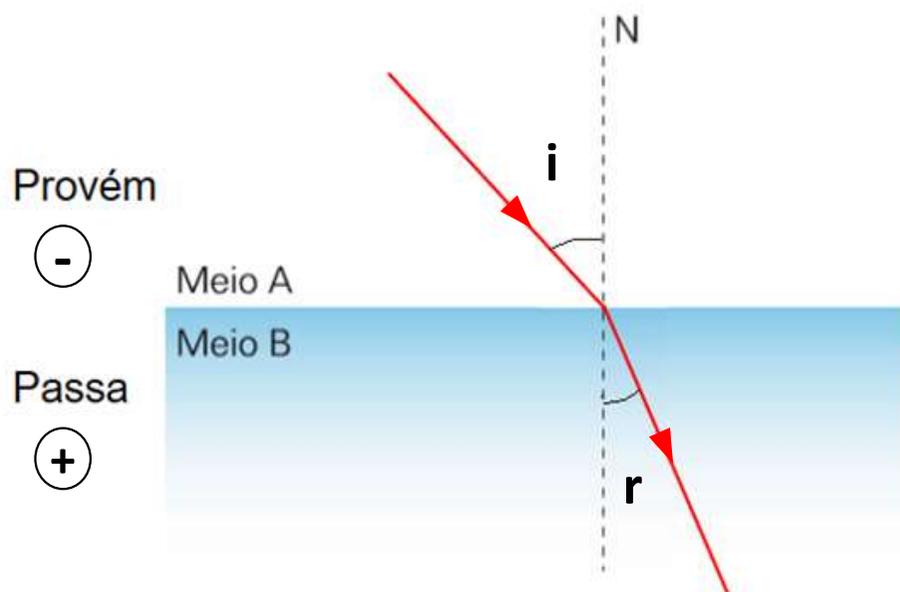


$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \text{cte}$$

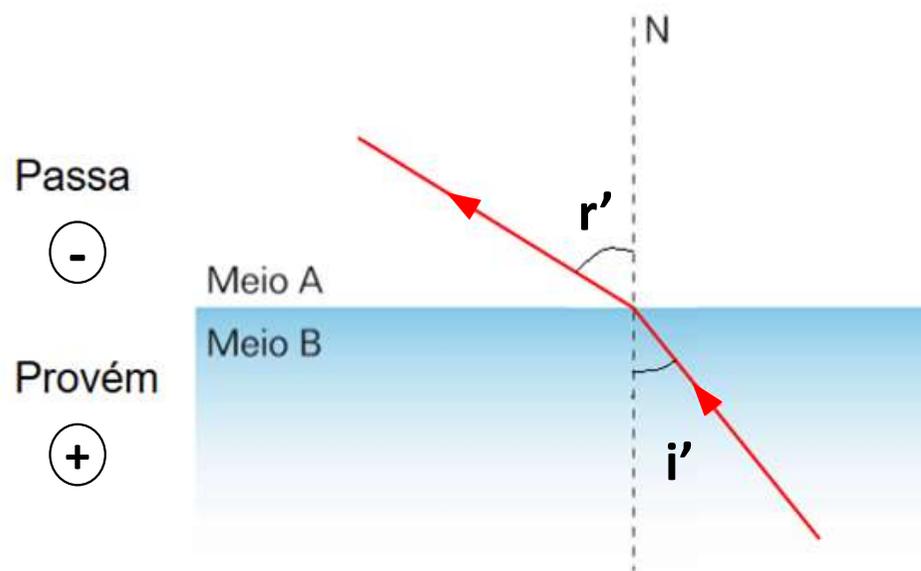
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}}$$

## 6. Comportamento da luz

*Luz refrata para o meio mais refringente*  
*O raio de luz fica mais perto da reta normal*

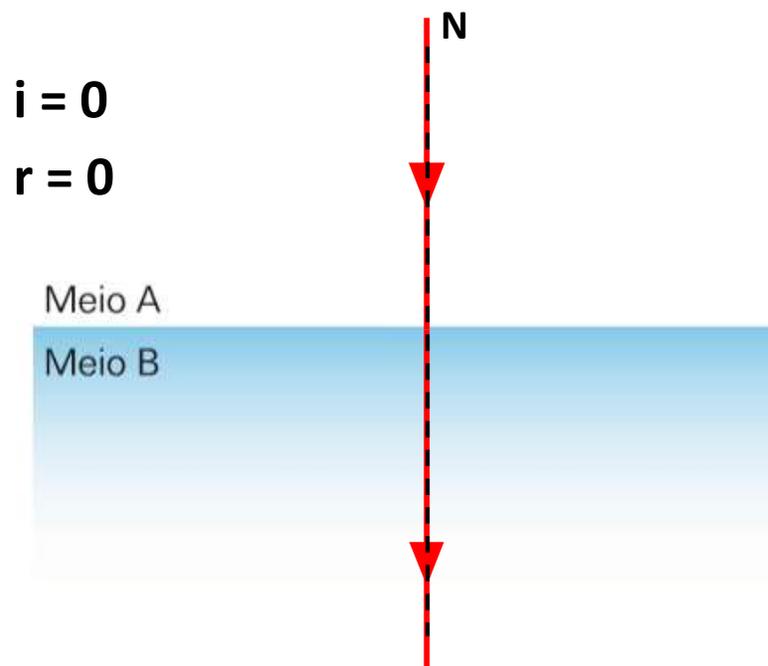


*Luz refrata para o meio menos refringente*  
*O raio de luz fica menos perto da reta normal*

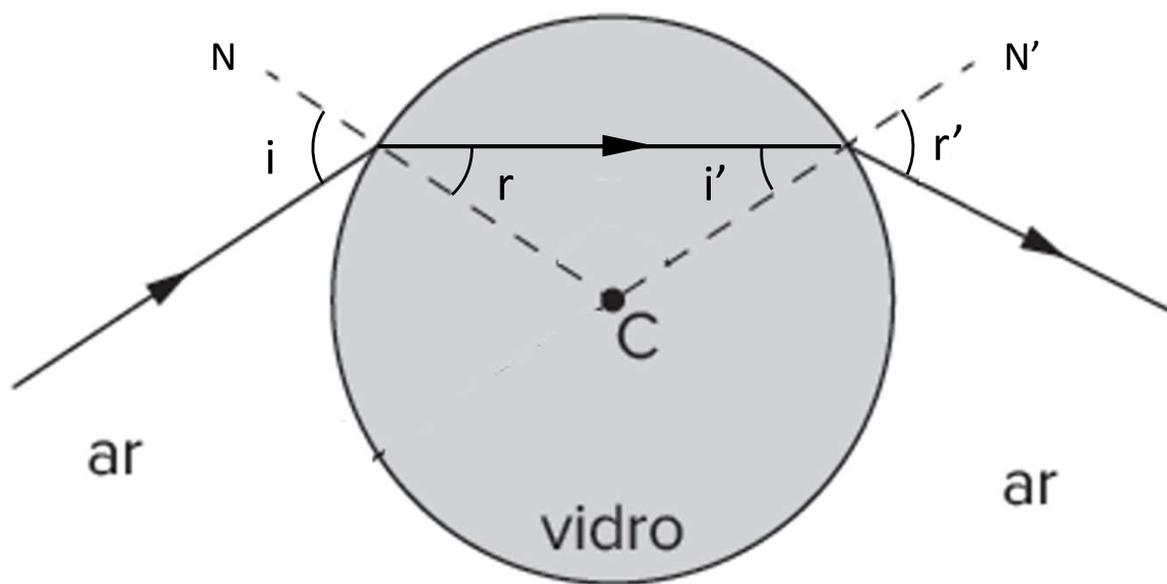


## 6. Comportamento da luz

*Incidência normal*  
*Refração sem desvio*

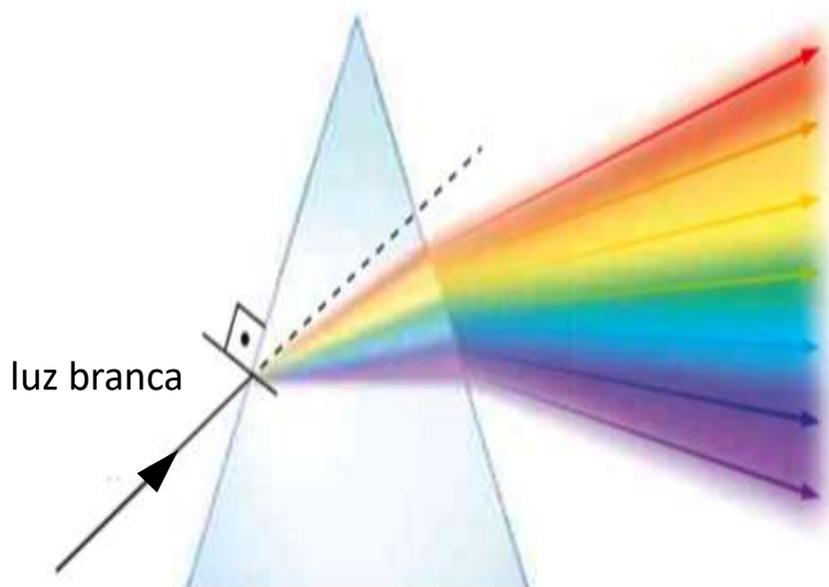


## 7. Dioptra esférica



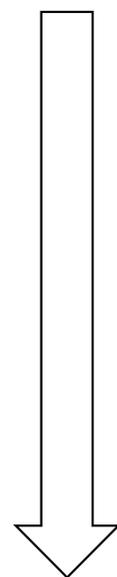
- As retas normais passam pelo centro  $C$
- $i = r'$
- $r = i'$

## 8. Visão geral



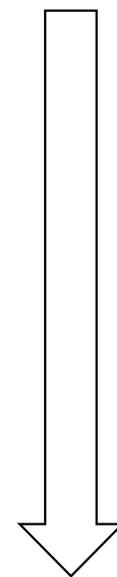
infravermelho  
vermelho  
laranja  
amarelo  
verde  
azul  
anil  
violeta  
ultravioleta

Desvio



*maior*

Índice de refração



*maior*

Velocidade



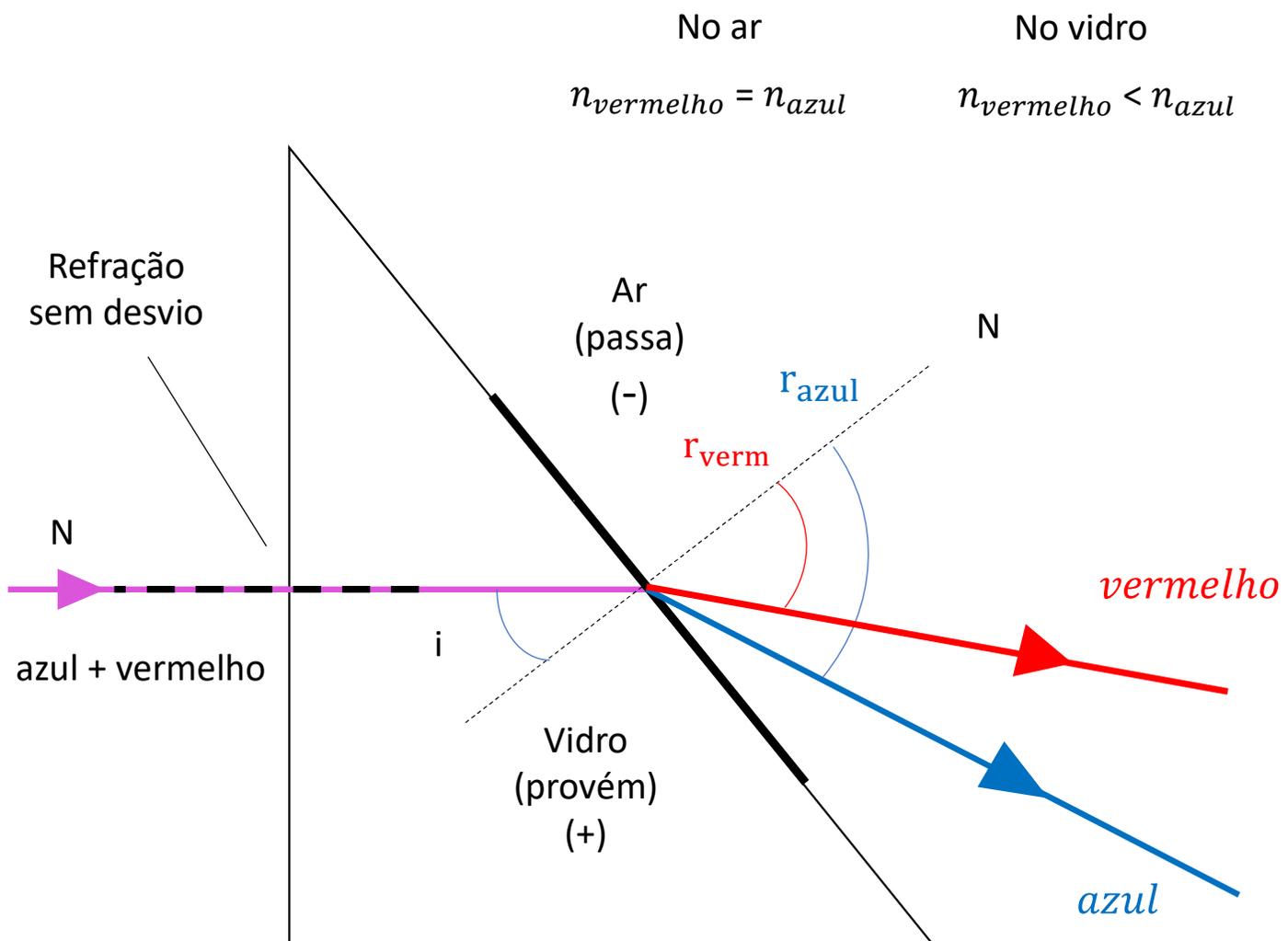
*maior*

Frequência



*maior*

## 9. Exemplo de desvio



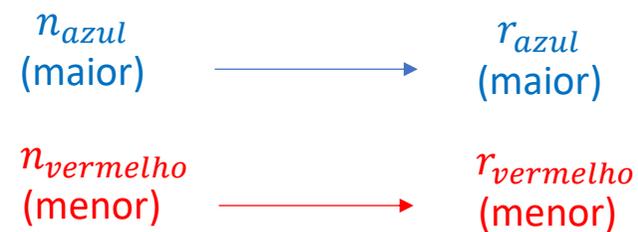
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_{passa}}{n_{prov}}$$

$$\text{sen } r = \text{sen } i \cdot \frac{n_{vidro}}{n_{ar}}$$

$i_{azul} = i_{vermelho}$

1

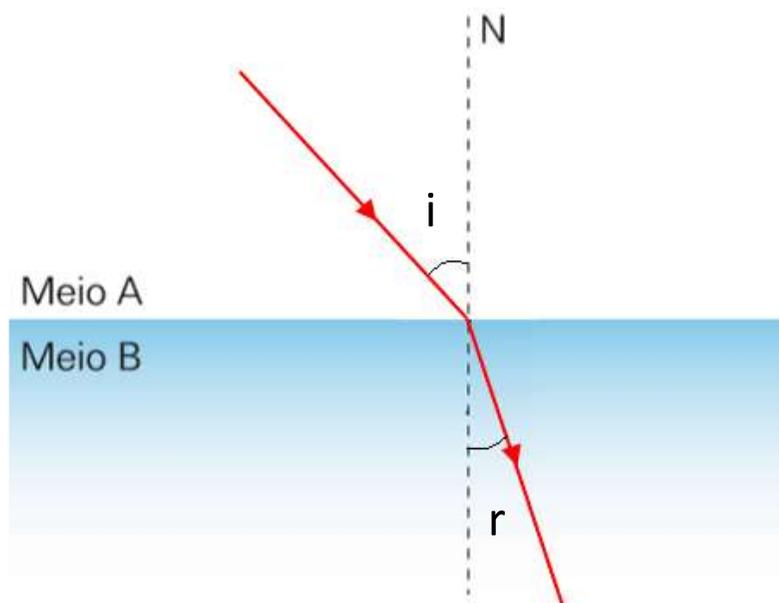
$\text{sen } r$  é proporcional ao  $n_{vidro}$



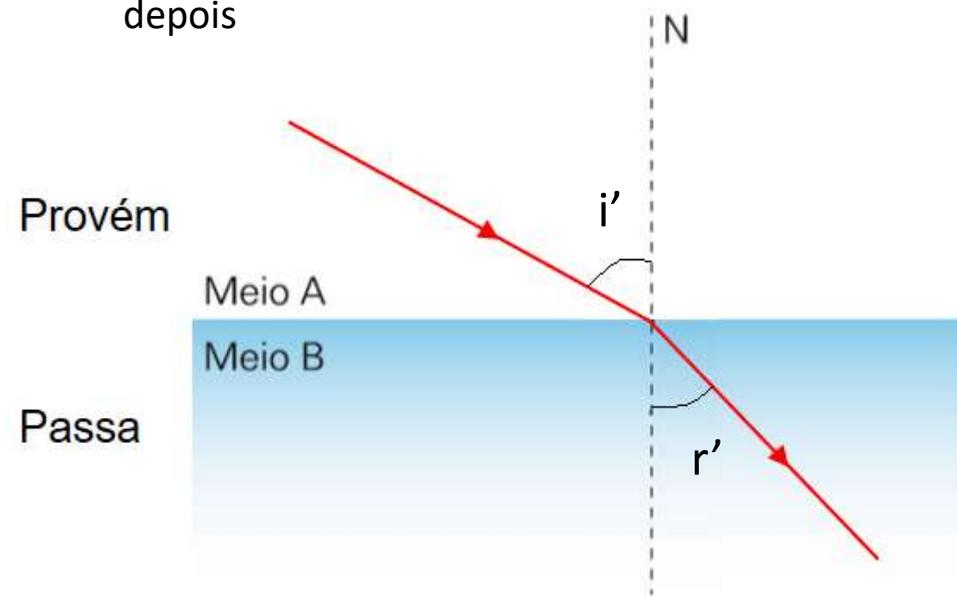
# Experimentos e demonstrações

## 2ª Lei da refração (Lei de Snell-Descartes)

antes



depois

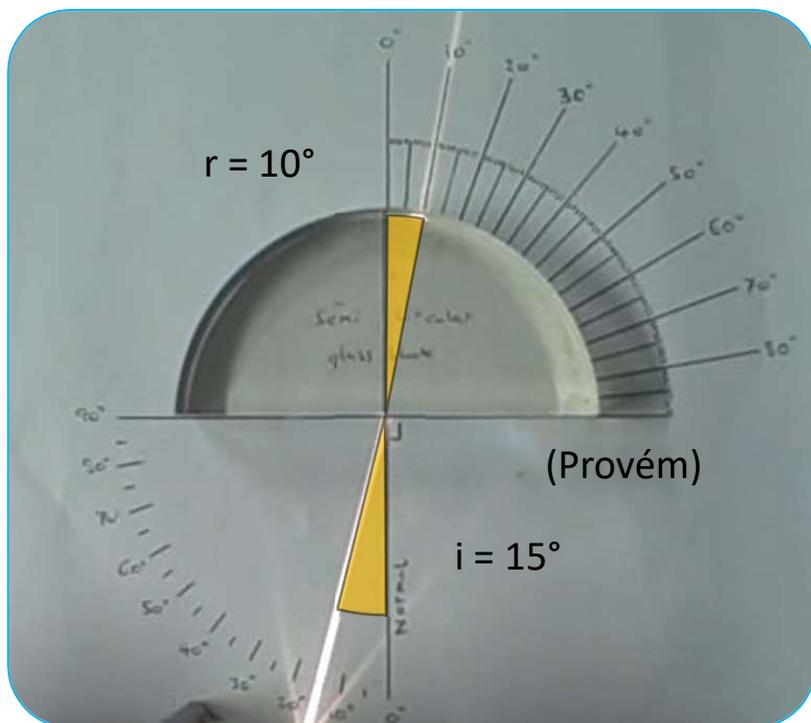


$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{\text{sen } i'}{\text{sen } r'} = \text{cte}$$

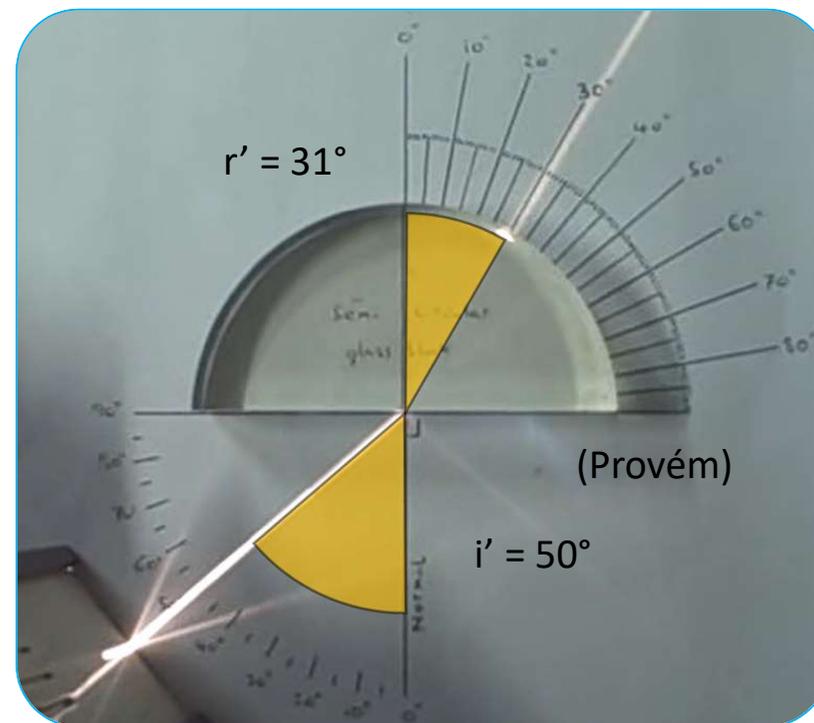
$$\frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}} = \text{cte}$$

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}}$$

## 2ª Lei da refração



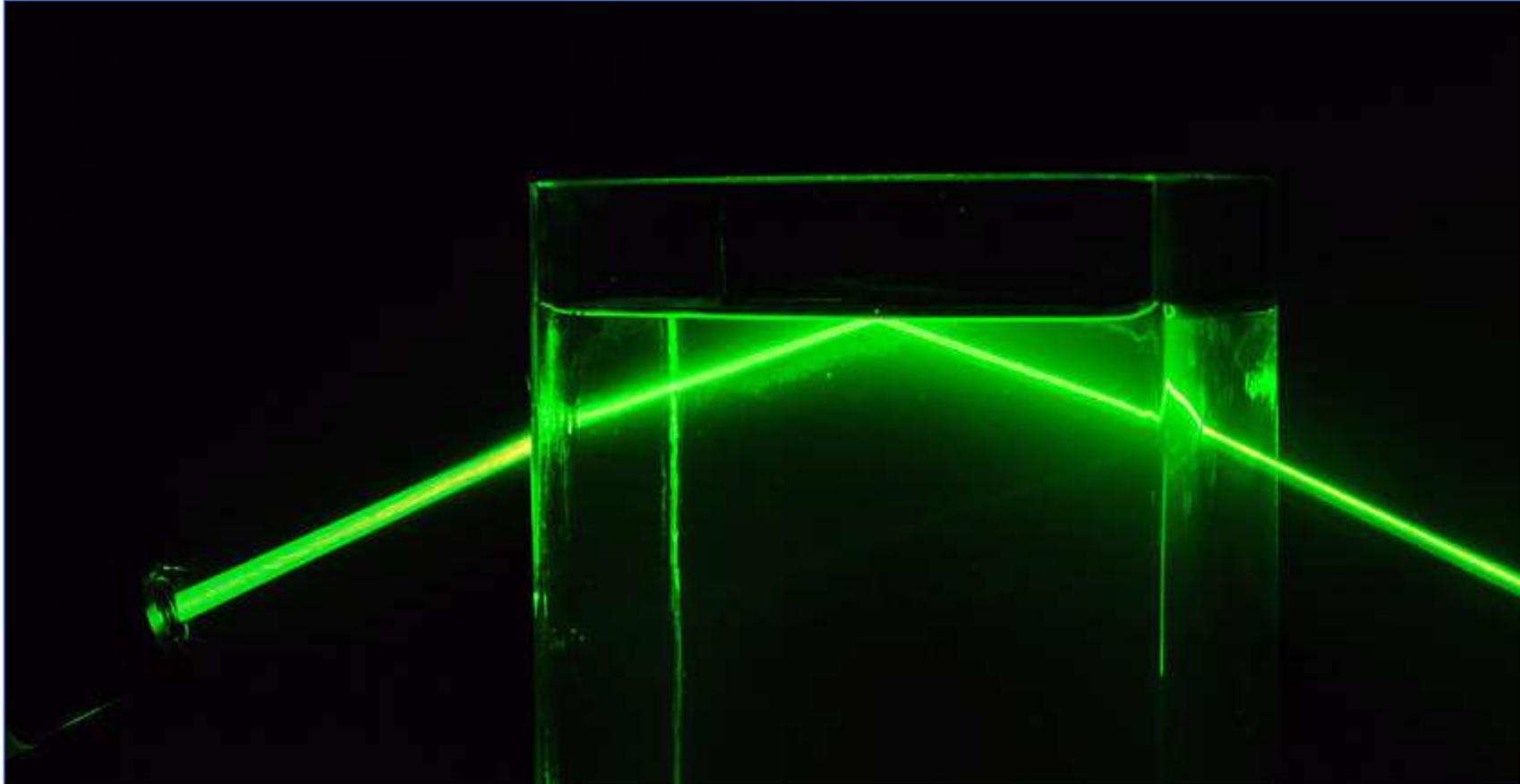
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{\text{sen } (15^\circ)}{\text{sen } (10^\circ)} \cong 1,49$$



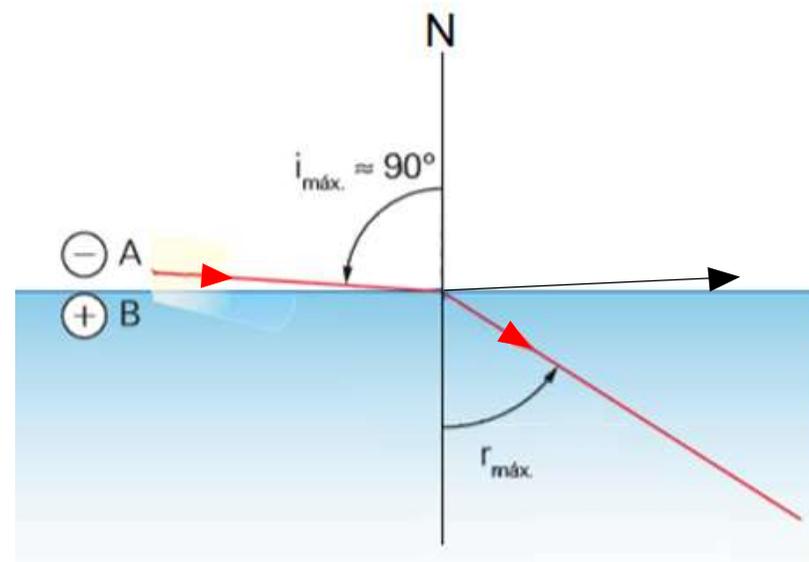
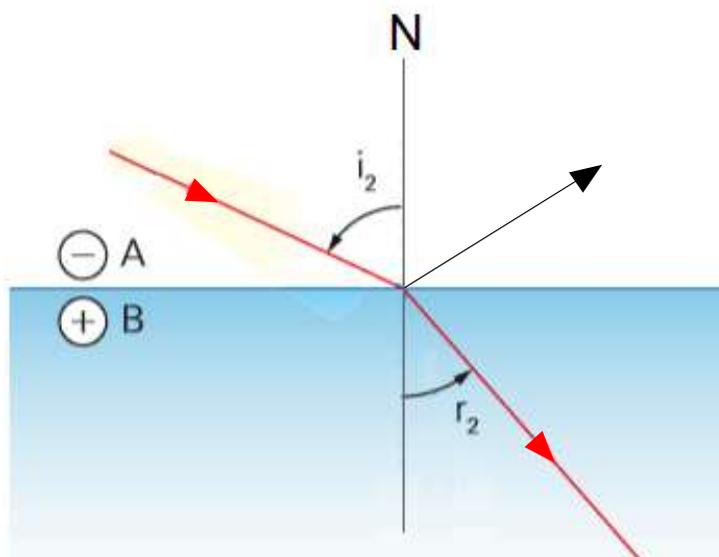
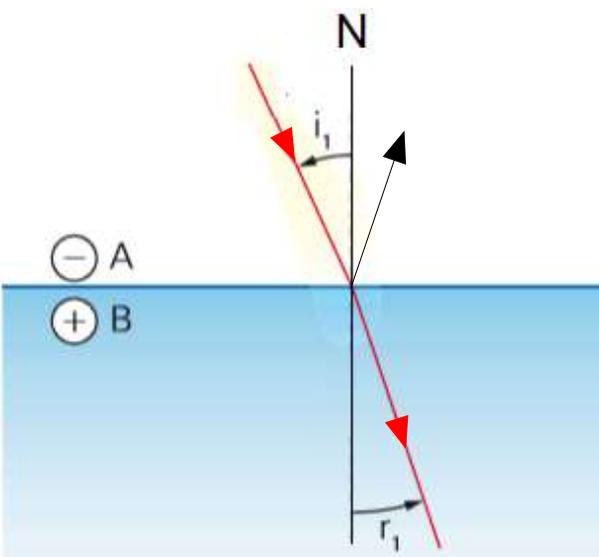
$$\frac{\text{sen } i'}{\text{sen } r'} = \frac{\text{sen } (50^\circ)}{\text{sen } (31^\circ)} \cong 1,49$$

$$\frac{n_{\text{passa (vidro)}}}{n_{\text{provém(ar)}}} \cong 1,49$$

## 10. Reflexão total



## Situação 1: luz refrata para o meio mais refringente



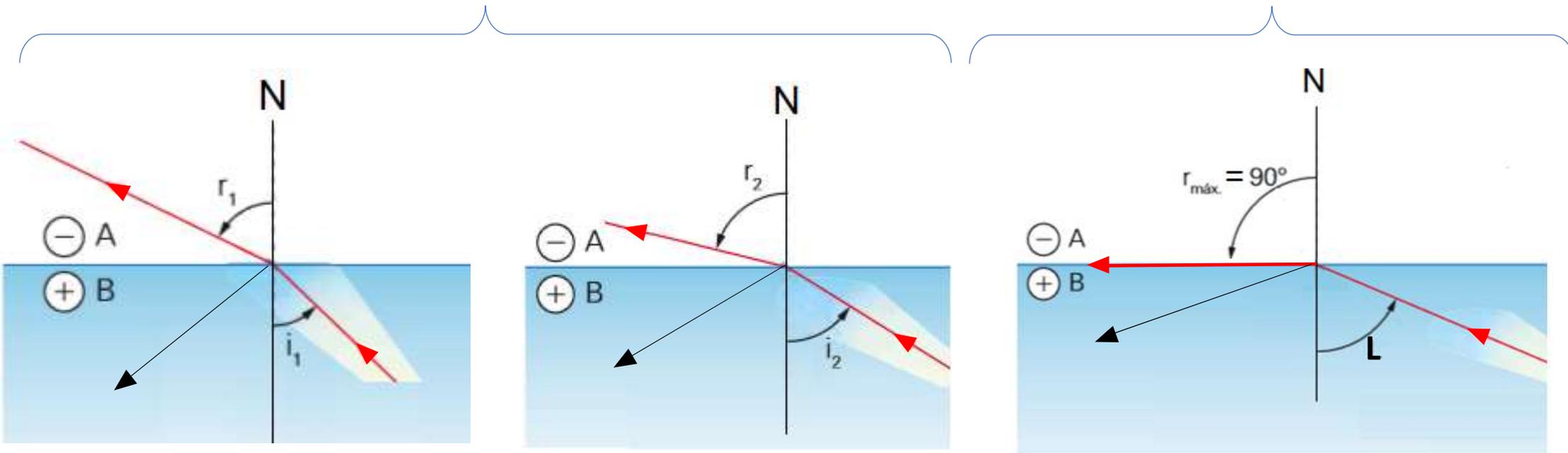
## Conclusão

- Ocorre reflexão e refração.
- Nunca ocorre reflexão interna total.

## Situação 2: luz refrata para o meio menos refringente

$i < L$

Situação limite ( $i = L$  e  $r = 90^\circ$ )



## Conclusão

- Se  $i < L$ : ocorre reflexão e refração.
- Se  $i = L$ : o raio refratado se propaga junto à superfície de separação e quase toda luz é refletida.

## Situação 2: luz refrata para o meio menos refringente

### Conclusão

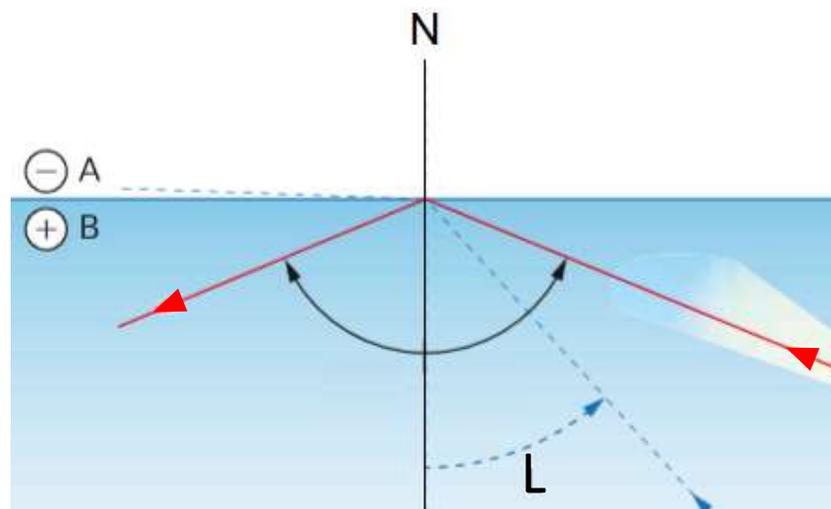
- Se  $i < L$ : ocorre reflexão e refração.
- Se  $i = L$ : o raio refratado se propaga junto à superfície de separação e quase toda luz é refletida.
- Se  $i > L$ : não ocorre refração. Ocorre reflexão total.

#### Condições para reflexão total:

- luz “tentar” passar para um meio menos refringente
- $i > L$  ( $\text{sen } i > \text{sen } L$ )

$$\text{Sen } L = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} \quad \begin{matrix} (\text{passa}) \\ (\text{provém}) \end{matrix}$$

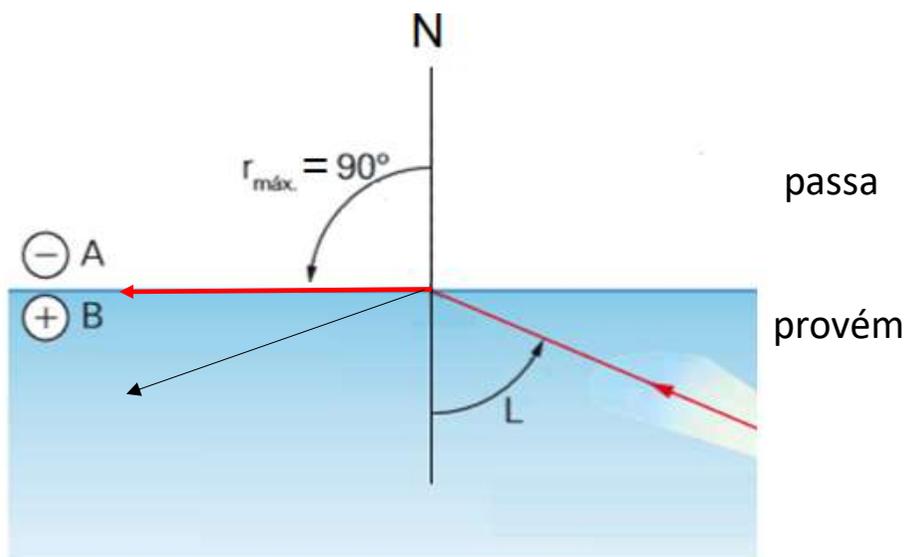
### Reflexão total ( $i > L$ )



## Situação 2: luz refrata para o meio menos refringente

### Dedução do sen L

Situação limite



$$\frac{\text{Sen } i}{\text{Sen } r} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}}$$

$$i = L \text{ e } r = 90^\circ$$

$$\frac{\text{Sen } L}{\text{Sen } 90^\circ} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}}$$

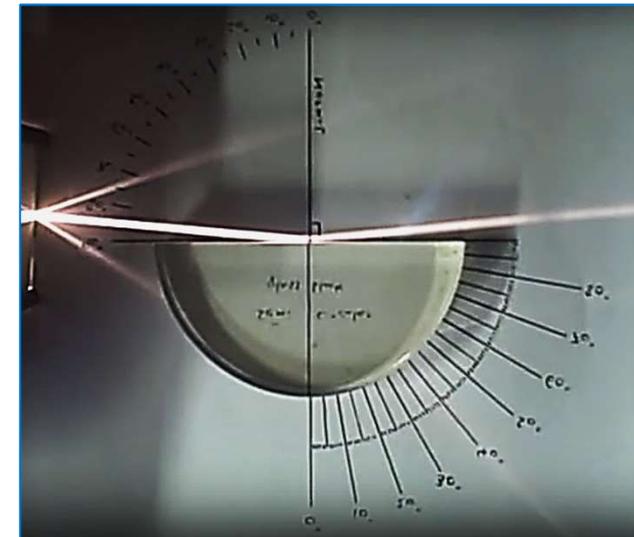
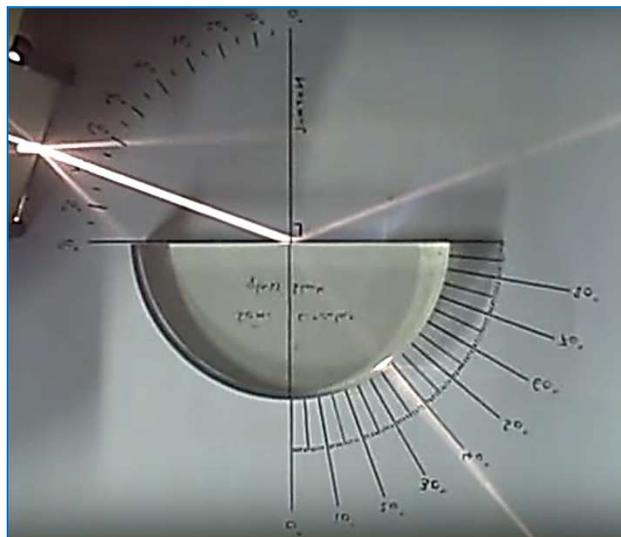
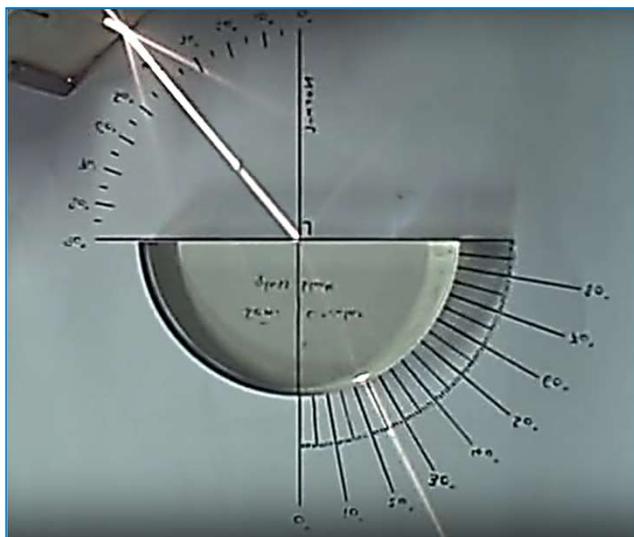
$$\text{Sen } L = \frac{n_{\text{menor}} \text{ (passa)}}{n_{\text{maior}} \text{ (provém)}}$$

## Deduções, experimentos e exemplos

## Situação 1: luz refrata para o meio mais refringente

provém  
(-)

passa  
(+)



## Conclusão

- Ocorre reflexão e refração.
- Nunca ocorre reflexão interna total.

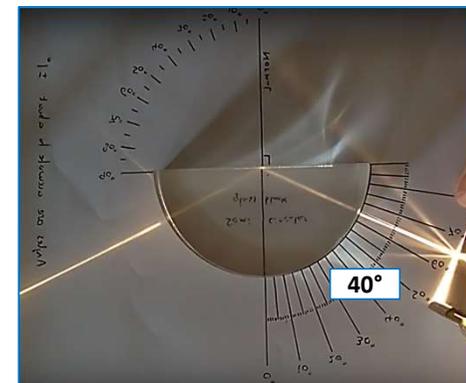
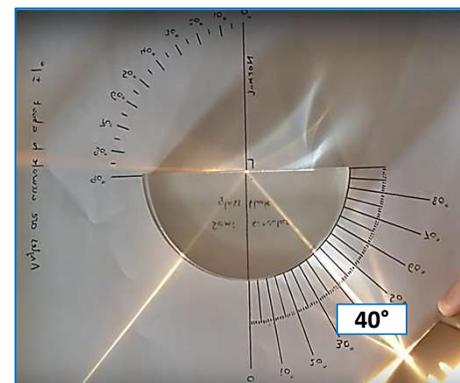
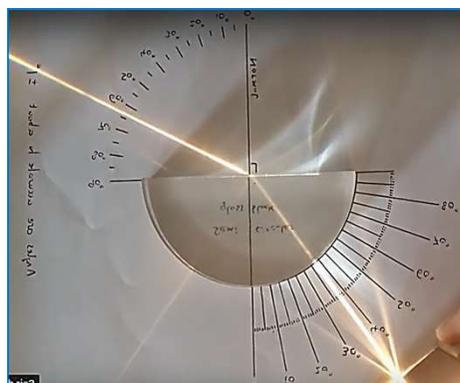
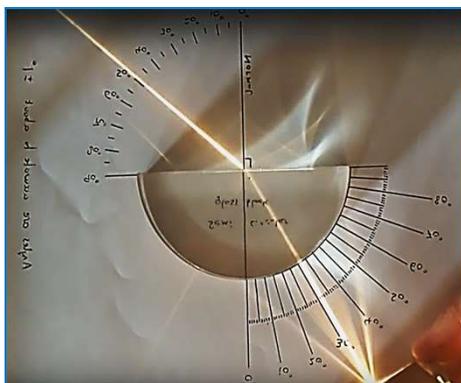
## Situação 2: luz refrata para o meio menos refringente

$i < L$   
ocorre reflexão e refração

$r = 90^\circ$  e  $i = L$   
situação limite

$i > L$   
ocorre reflexão total

passa  
(-)  
provém  
(+)

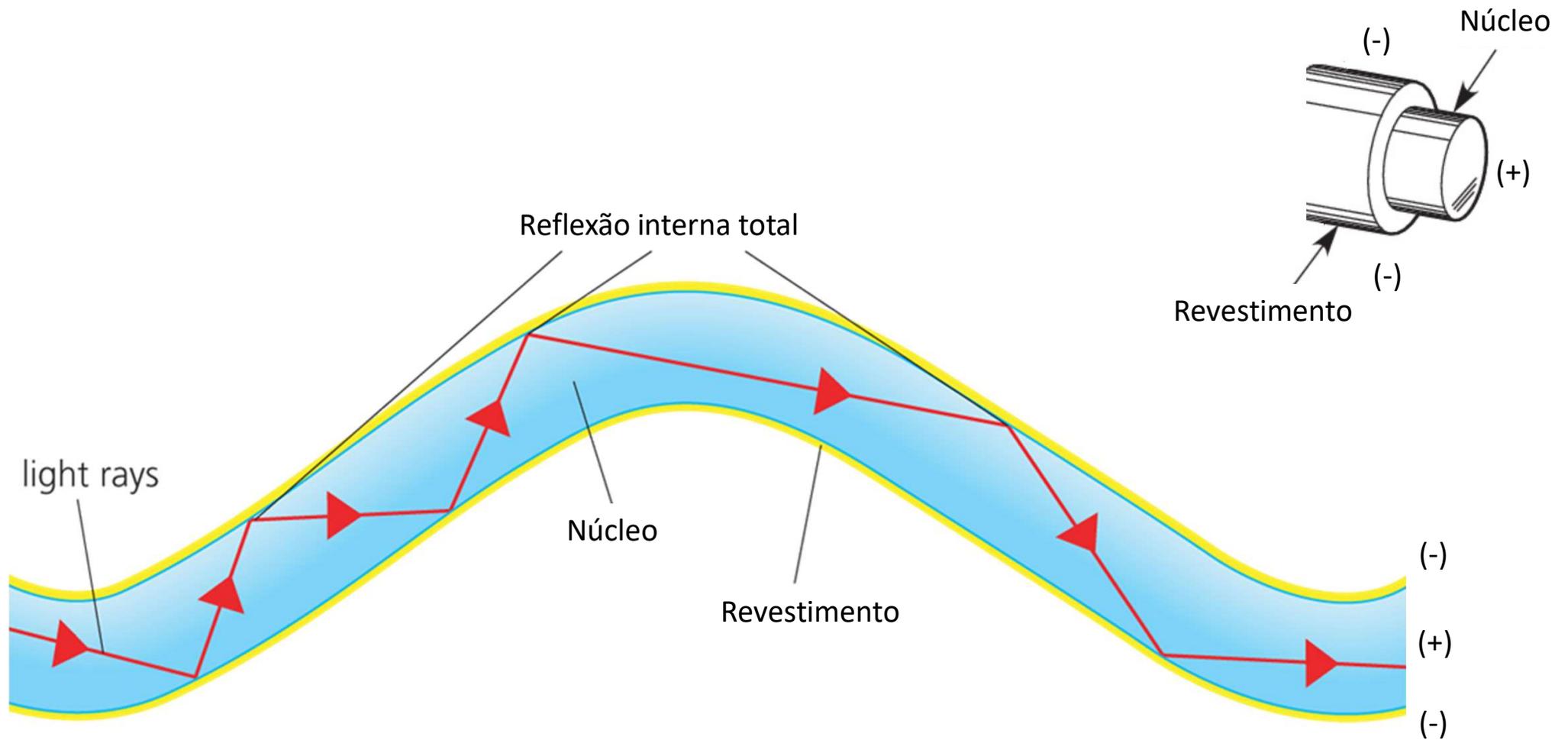


$$L = 40^\circ$$

### Conclusão

- Se  $i < L$ : ocorre reflexão e refração.
- Se  $i = L$ : o raio refratado se propaga junto à superfície de separação e quase toda luz é refletida.
- Se  $i > L$ : não ocorre refração. Ocorre reflexão total.

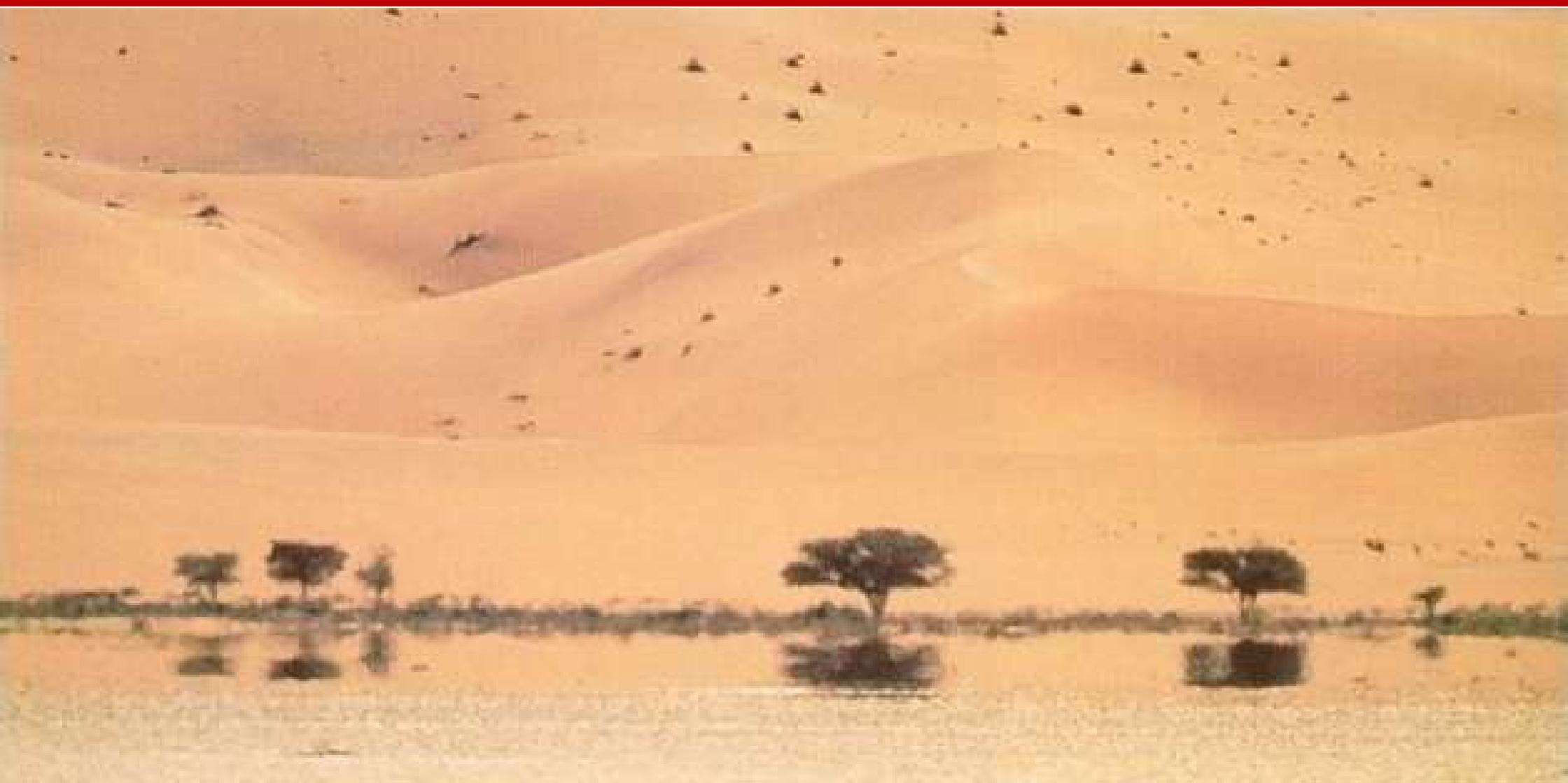
# Fibra óptica



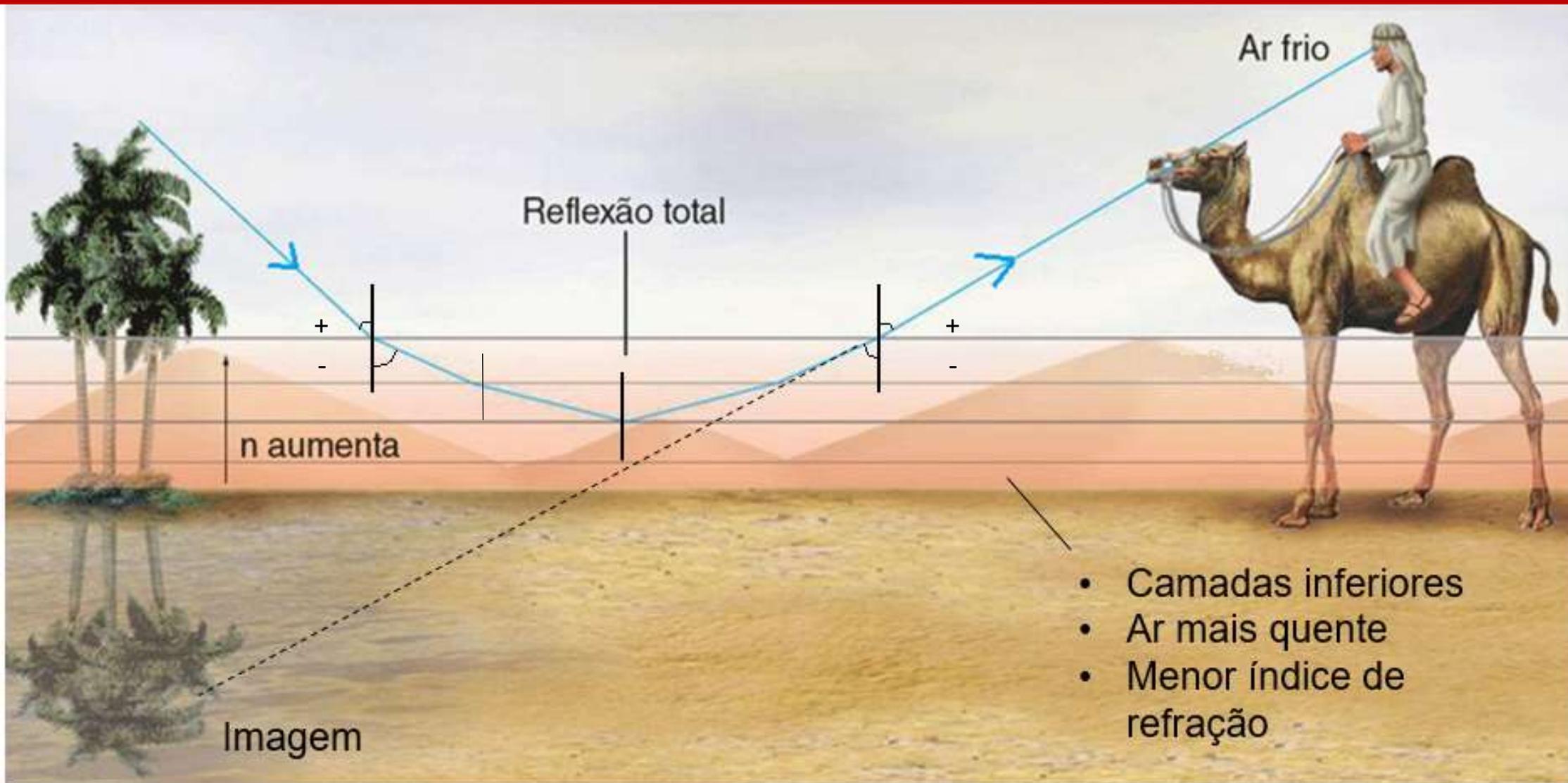
# Fibra óptica



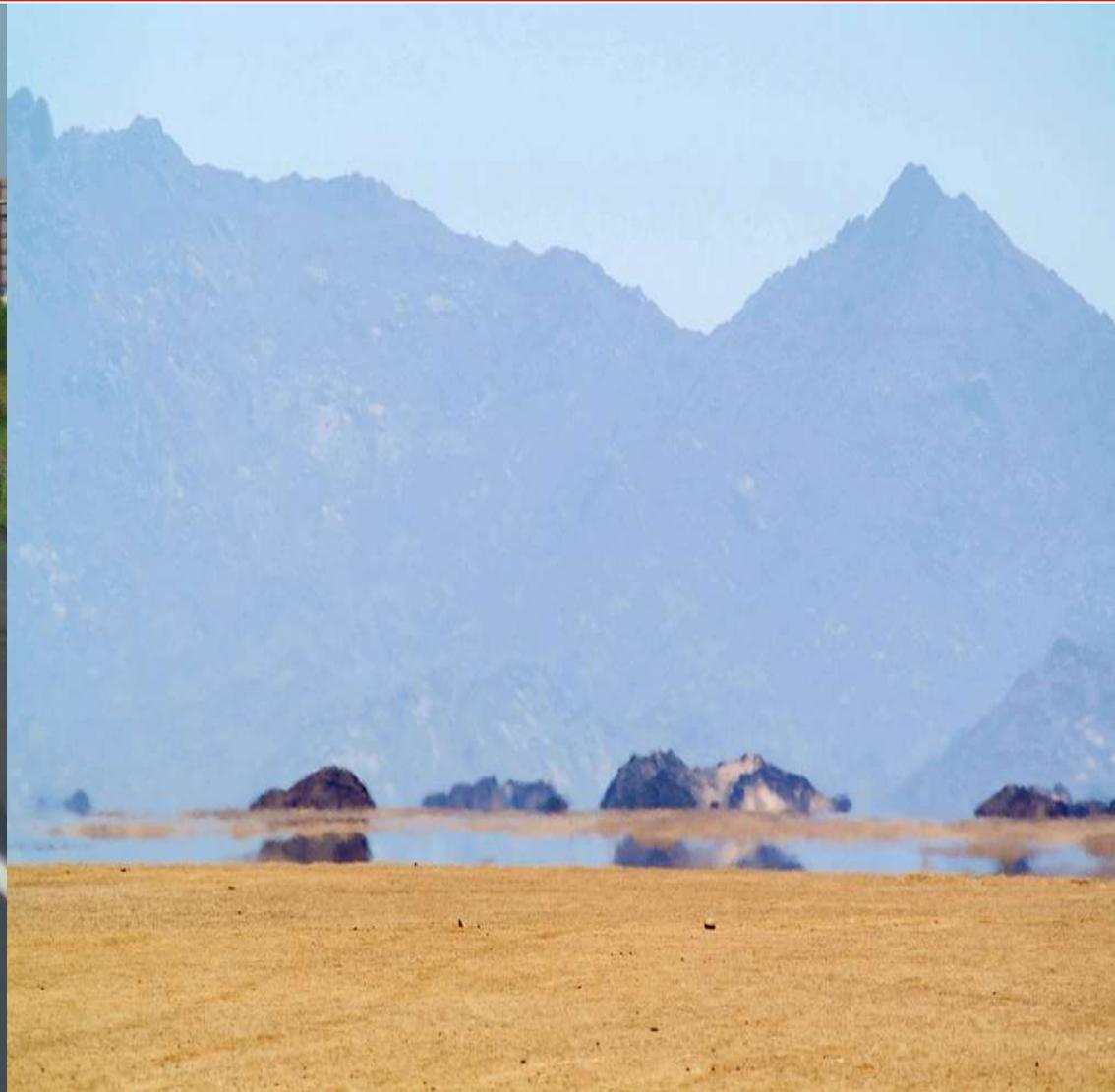
# Miragem



# Miragem



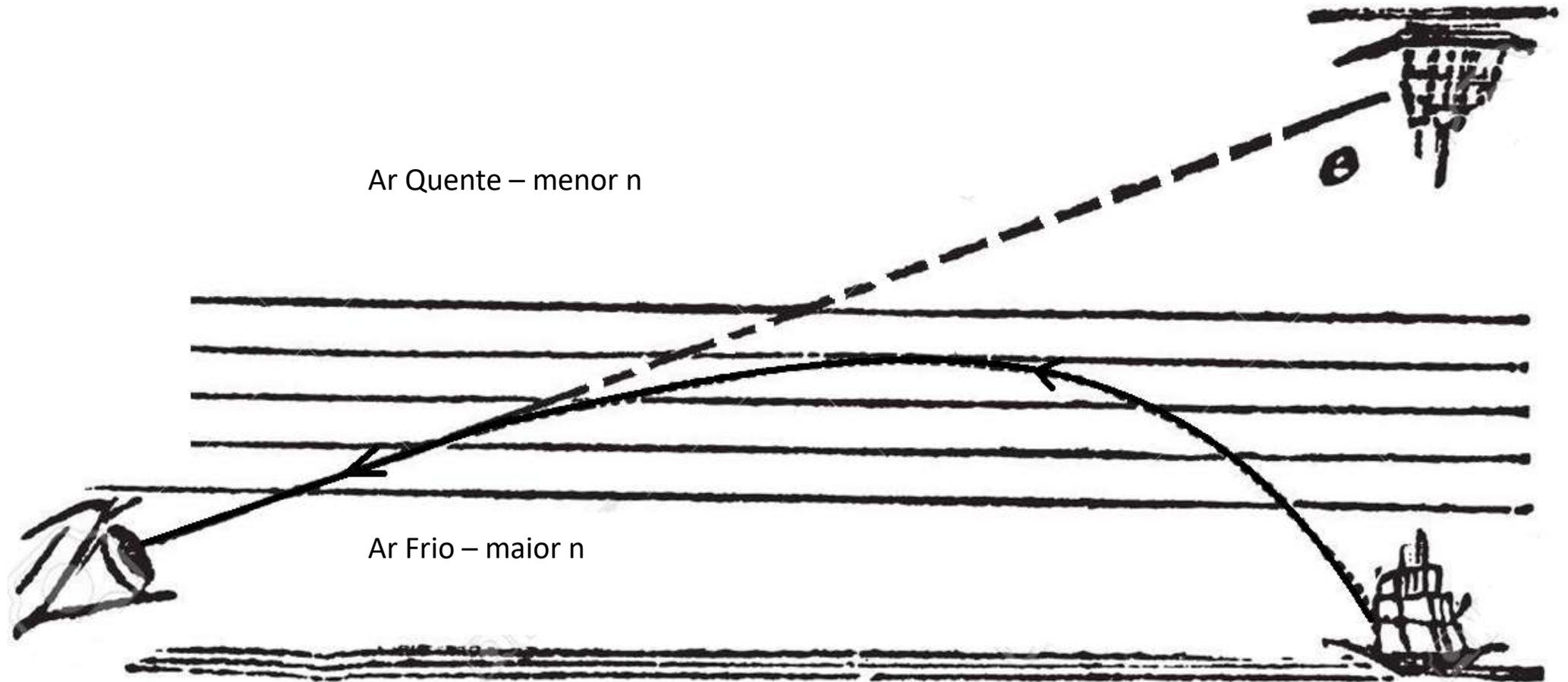
# Miragem



# Miragem



# Miragem





# Miragem



# Miragem



# Miragem

