

Refração da Luz – Lista 2: Resolução

Prof. Vogt

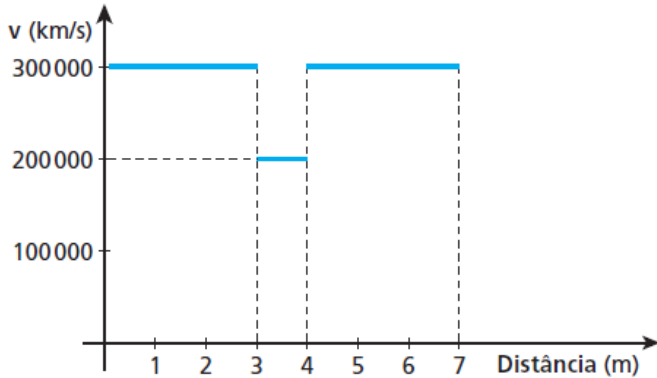
1. a)

$$\frac{n_v}{n_{ar}} = \frac{v_{ar}}{v_v} \Rightarrow 1,5 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{v_v} \Rightarrow v_v = 2,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

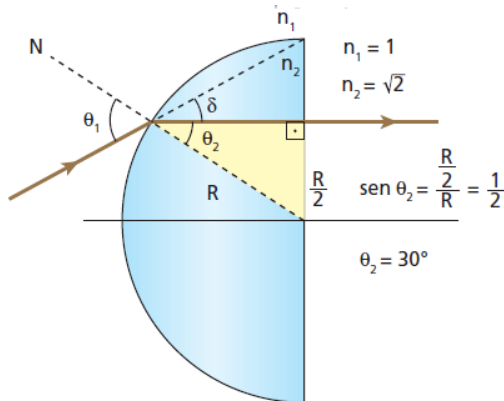
$$\Delta t = \frac{\Delta s_1}{v_{ar}} + \frac{\Delta s_2}{v_v} + \frac{\Delta s_3}{v_{ar}} \Rightarrow \Delta t = \frac{3}{3,0 \cdot 10^8} + \frac{1}{2,0 \cdot 10^8} + \frac{3}{3,0 \cdot 10^8}$$

$$\Delta t = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

b)



2.

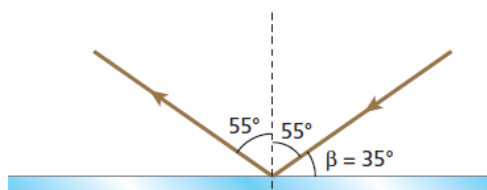


$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow$$

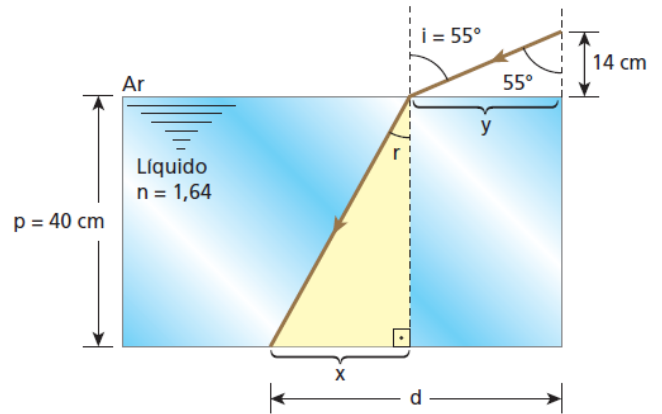
$$1 \sin \theta_1 = \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_1 = 45^\circ$$

$$\delta = \theta_1 - \theta_2 = 45^\circ - 30^\circ \Rightarrow \delta = 15^\circ$$

3. a)



O ângulo que o raio refletido forma com a normal é $90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$.



$$n_{ar} \sin i = n_{liq} \sin r \Rightarrow 1,0 \cdot 0,82 = 1,64 \sin r$$

$$\sin r = 0,5 \Rightarrow r = 30^\circ$$

$$\text{tg } r = \frac{x}{p} \Rightarrow x = 40 \cdot 0,58 \Rightarrow x = 23,2 \text{ cm}$$

$$\text{tg } 55^\circ = \frac{y}{14} \Rightarrow y = 14 \cdot 1,43 \Rightarrow y = 20,0 \text{ cm}$$

$$\text{Então: } d = x + y \Rightarrow d = 23,2 + 20,0 \Rightarrow d \approx 43 \text{ cm}$$

O ponto se localiza a 43 cm da parede lateral direita.

4.

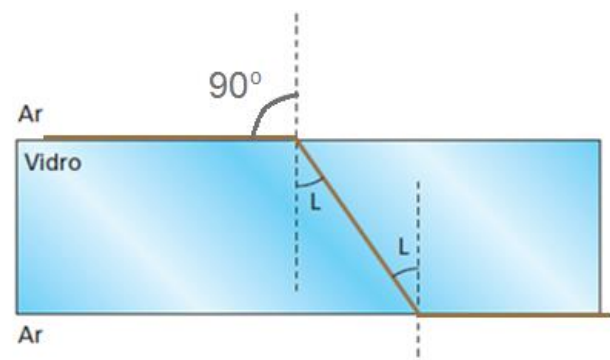
Para que ocorra reflexão total são necessárias que duas condições sejam satisfeitas:

i. A luz deve se propagar do meio mais refringente para o meio menos refringente;

ii. $i > L$

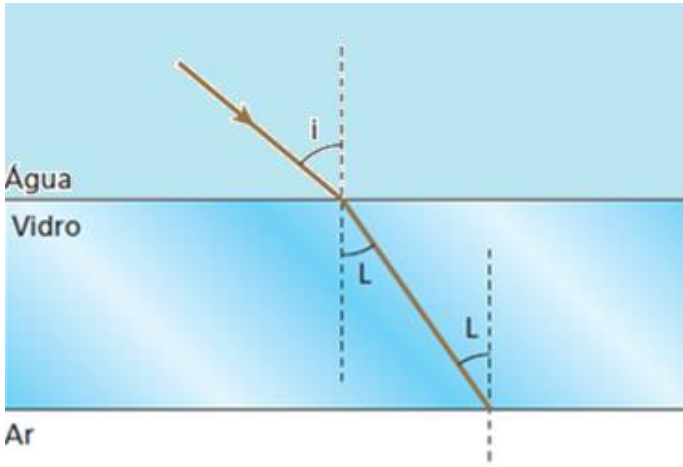
Como a água ($n_{\text{água}} = 1,3$) é menos refringente que o vidro ($n_{\text{vidro}} = 1,4$), quando a luz se propaga da água para o vidro, a primeira condição **não** é satisfeita. Assim não ocorre reflexão total nesta interface. Ocorrerá reflexão total apenas na parte interna do relógio (interface vidro-ar) pois $n_{\text{vidro}} > n_{\text{ar}}$. Mas então qual a diferença do relógio estar ou não imerso na água?

Imerso no ar, o vidro do relógio funciona como uma lâmina de faces paralelas e, mesmo que observador olhasse com um ângulo de incidência de 90° (raio rasante), ainda assim o raio de luz não atingiria a interface vidro-ar (dentro do relógio) com um ângulo maior que o limite. Ou seja, de nenhum ponto de observação externo ao relógio seria possível ver o vidro refletir totalmente (ver figura abaixo).



A presença da água externa ao vidro afeta o ângulo de incidência de observação fora do relógio para que ocorra reflexão total na face interna do relógio. O ângulo limite na fronteira vidro-ar (dentro do relógio) é dado por:

$$\begin{aligned} \text{sen } L &= n_{\text{menor}} / n_{\text{maior}} \\ \text{sen } L &= 1 / 1,4 \end{aligned}$$



Cálculo do ângulo i :

$$\begin{aligned} n_{\text{água}} \cdot \text{sen } i &= n_{\text{vidro}} \cdot \text{sen } L \\ 1 \cdot \text{sen } i &= 1,4 \cdot (1 / 1,4) \\ \text{sen } i &= 0,77 \\ i &= 50^\circ \end{aligned}$$

Assim, a reflexão total na interface vidro-ar (dentro do relógio) ocorrerá se observarmos o relógio (dentro da água) com um ângulo de incidência maior que 50° .

5.

$$n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2 \Rightarrow \text{sen } \theta_2 = \frac{n_1 \text{sen } \theta_1}{n_2} \Rightarrow \text{sen } \theta_2 = \frac{1,0 \cdot 0,866}{1,225}$$

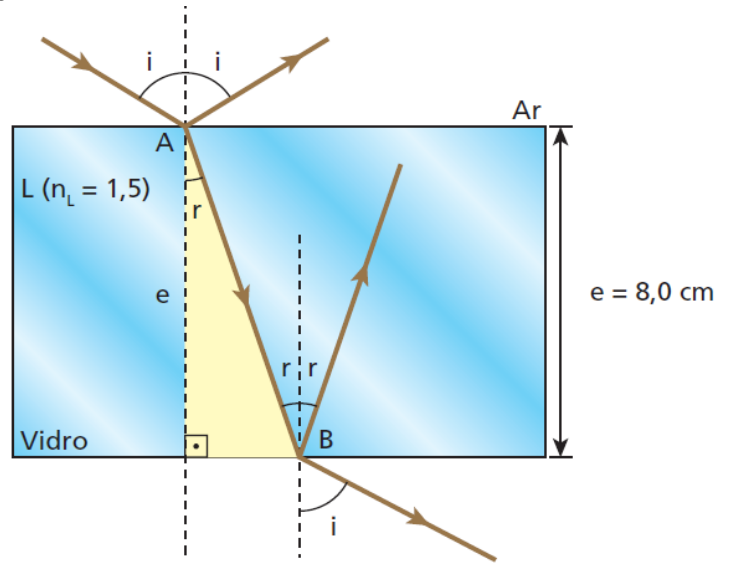
$$\text{sen } \theta_2 = 0,707 \Rightarrow \theta_2 = 45^\circ$$

$$n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2 \Rightarrow \text{sen } \theta_2 = \frac{n_1 \text{sen } \theta_1}{n_2} \Rightarrow \text{sen } \theta_2 = \frac{1,0 \cdot 0,866}{1,732}$$

$$\text{sen } \theta_2 = 0,5 \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

$$\theta = \theta_2 - \theta_2 = 45^\circ - 30^\circ \Rightarrow \theta = 15^\circ$$

6.



$$b) n_{\text{ar}} \text{sen } i = n_L \text{sen } r \Rightarrow 1,0 \cdot 0,9 = 1,5 \text{sen } r \Rightarrow \text{sen } r = 0,6$$

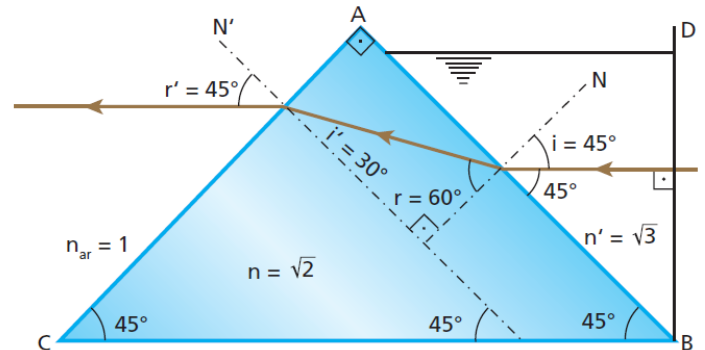
Logo, $\cos r = 0,8$.

$$\cos r = \frac{e}{\overline{AB}} \Rightarrow 0,8 = \frac{8,0}{\overline{AB}} \Rightarrow \overline{AB} = 10 \text{ cm}$$

$$v_L = \frac{c}{n_L} = \frac{3,0 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}}{1,5} \Rightarrow v_L = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$$

$$\Delta t = \frac{\overline{AB}}{v_L} = \frac{10}{2,0 \cdot 10^{10}} \Rightarrow \Delta t = 5 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

7.



I - Incorreta

$$n' \text{sen } i = n \text{sen } r \Rightarrow \sqrt{3} \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \text{sen } r \Rightarrow \text{sen } r = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = 60^\circ$$

II - Incorreta

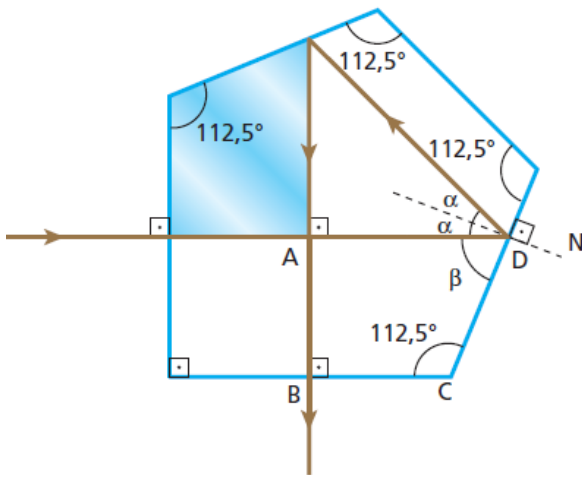
$r = 60^\circ$

III - Correta

$$n \text{sen } i' = n_{\text{ar}} \text{sen } r' \Rightarrow \sqrt{2} \frac{1}{2} = 1 \text{sen } r' \Rightarrow \text{sen } r' = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow r' = 45^\circ$$

IV - Correta

8.



No quadrilátero ABCD, temos;

$$90^\circ + 90^\circ + 112,5^\circ + \beta = 360^\circ \Rightarrow \beta = 67,5^\circ$$

Como $\alpha + \beta = 90^\circ$:

$$\alpha + 67,5^\circ = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 22,5^\circ$$

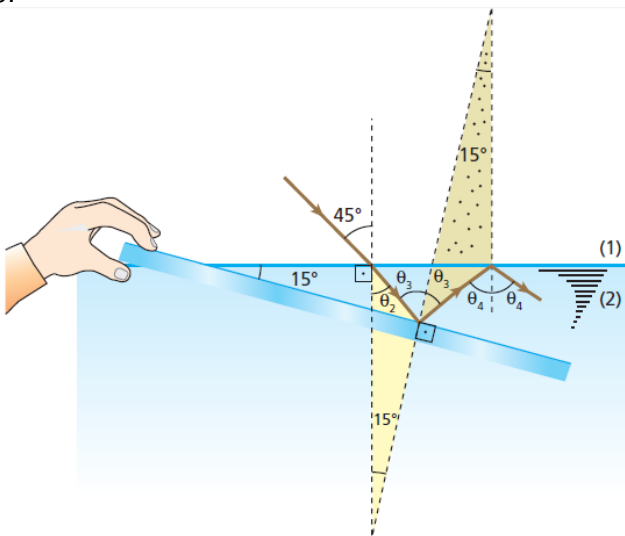
Para a ocorrência da reflexão total, deveremos ter: $\alpha > L$

Então:

$$\text{se } \alpha > \text{sen } L \Rightarrow \text{sen } \alpha > \frac{n_{ar}}{n_p} \Rightarrow \text{sen } 22,5^\circ > \frac{1,00}{n_p} \Rightarrow 0,38n_p > 1,00$$

$$n_p > \frac{1,00}{0,38} \Rightarrow \boxed{n_p > 2,63}$$

9.



$$\frac{\text{sen } 45^\circ}{\text{sen } \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\text{sen } \theta_2} = 1,41 \Rightarrow \boxed{\theta_2 = 30^\circ}$$

θ_3 é um ângulo externo ao triângulo sombreado:

$$\theta_3 = \theta_2 + 15^\circ = 30^\circ + 15^\circ \Rightarrow \boxed{\theta_3 = 45^\circ}$$

θ_4 é um ângulo externo ao triângulo pontilhado:

$$\theta_4 = \theta_3 + 15^\circ = 45^\circ + 15^\circ \Rightarrow \boxed{\theta_4 = 60^\circ}$$

Ângulo-limite na fronteira água-ar:

$$\text{sen } L = \frac{1}{1,41} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \boxed{L = 45^\circ}$$

Como θ_4 é maior que L , ocorre reflexão total nessa fronteira.

10.

Para que haja luz emergindo na face AC temos que ter:

$$i \leq L$$

$$\text{sen } i \leq \text{sen } L$$

$$\text{sen } 45^\circ \leq n_{ar} / n_{prisma}$$

$$\sqrt{2} / 2 \leq 1 / (c / v_{prisma})$$

$$v_{prisma} \geq \sqrt{2} \cdot c / 2$$

Olhando o gráfico temos que a condição acima é satisfeita para parte da cor amarela, para todo o laranja e todo o vermelho. Como a incidência na face AC é oblíqua, a refração é acompanhada da dispersão, ou seja, cada cor é decomposta com um determinado ângulo de refração. Assim, emergirão mais próximas à reta normal a face AC as cores que sofrerem o menor desvio (e portanto, tiverem o menor índice de refração – ou maior velocidade de propagação): a cor vermelha.

b)

sim, haverá luz emergindo a face BC. Estas o fazem sobre a reta normal a esta face e, portanto, não sofrem dispersão.