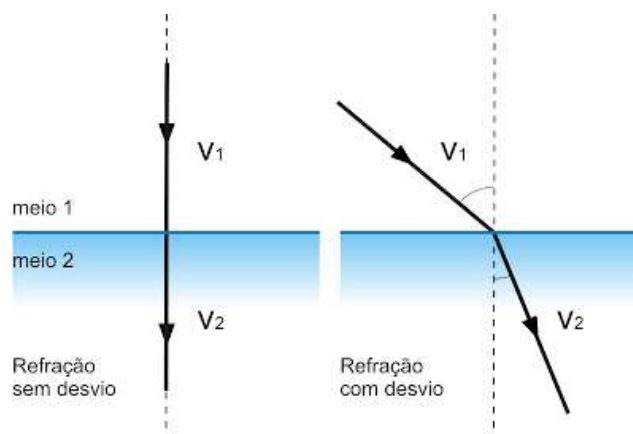


## Refração da luz

### Resumo

A refração da luz consiste na passagem da luz de um meio para outro acompanhada de variação em sua velocidade de propagação. A refração pode ocorrer com ou sem desvio. Veja a figura:



### Índice de Refração Absoluto de um Meio para uma dada Luz Monocromática

Seja  $c$  a velocidade de propagação da luz no vácuo e  $v$  a velocidade de propagação de uma dada luz monocromática num determinado meio. A comparação entre  $c$  e  $v$  define a grandeza  $n$ , índice de refração:

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

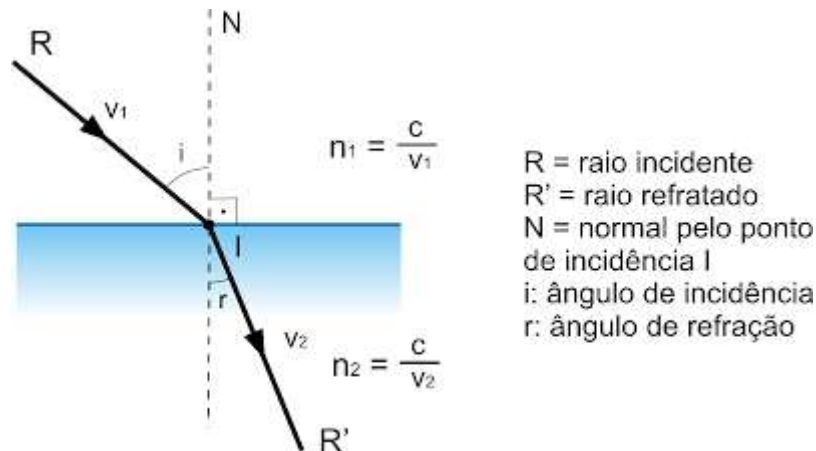
Obs.:

- $n$  é uma grandeza adimensional
- para os meios materiais, sendo  $c > v$ , resulta  $n > 1$
- para o vácuo,  $n = 1$
- para o ar  $n \approx 1$
- para um determinado meio material, temos para as diversas luzes monocromáticas:

$$n_{\text{vermelho}} < n_{\text{laranja}} < n_{\text{amarelo}} < n_{\text{verde}} < n_{\text{azul}} < n_{\text{anil}} < n_{\text{violeta}}$$

## Leis de Snell-Descartes

Observe a figura:



A lei de Snell-Descartes afirma que: **é constante, na refração, o produto do índice de refração do meio pelo seno do ângulo que o raio forma com a normal à superfície de separação, neste meio.** Isto é:

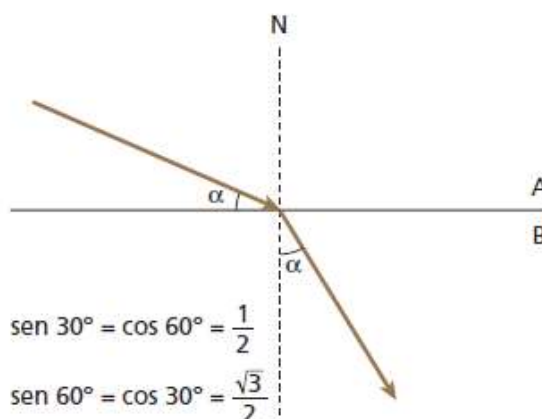
$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

Se  $n_2$  for maior do que  $n_1$ , dizemos que o meio 2 é mais refringente do que o meio 1, resulta da lei de Snell-Descartes que  $\text{sen } r < \text{sen } i$  e, portanto,  $r < i$ .

Isto significa que: **no meio mais refringente o raio de luz fica mais próximo da normal.**

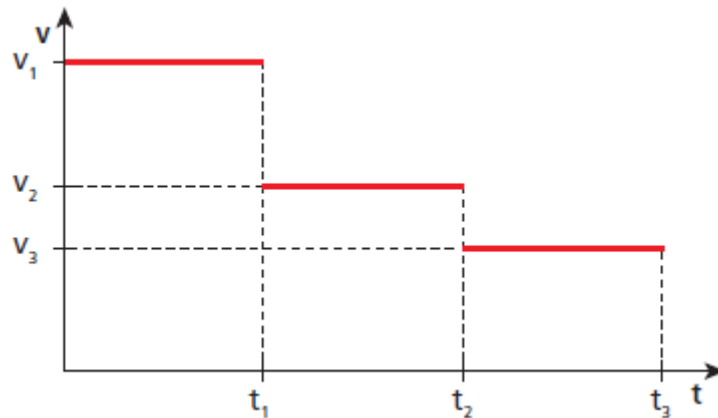
## Exercícios

1. Em um experimento, coloca-se glicerina dentro de um tubo de vidro liso. Em seguida, parte do tubo é colocada em um copo de vidro que contém glicerina e a parte do tubo imersa fica invisível. Esse fenômeno ocorre porque a
- a) intensidade da luz é praticamente constante no vidro.
  - b) parcela de luz refletida pelo vidro é praticamente nula.
  - c) luz que incide no copo não é transmitida para o tubo de vidro.
  - d) velocidade da luz é a mesma no vidro e na glicerina.
  - e) trajetória da luz é alterada quando ela passa da glicerina para o vidro.
2. A figura abaixo representa um raio luminoso propagando-se do meio **A** para o meio **B**. Sabendo-se que a velocidade da luz, no meio **A**, é 240 000 km/s e que o ângulo  $\alpha$  vale  $30^\circ$ , calcule o índice de refração relativo do meio A em relação ao meio B.



- a)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- b)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- c)  $\frac{\sqrt{2}}{3}$
- d)  $\sqrt{3}$
- e)  $\sqrt{2}$

3. Um raio de luz monocromática passa do meio 1 para o meio 2 e deste para o meio 3. Sua velocidade de propagação relativa aos meios citados é  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$ , respectivamente. O gráfico representa a variação da velocidade de propagação da luz em função do tempo ao atravessar os meios mencionados, considerados homogêneos:



Sabendo-se que os índices de refração do diamante, do vidro e do ar obedecem à desigualdade  $n_{\text{diam}} > n_{\text{vidro}} > n_{\text{ar}}$ , podemos afirmar que os meios 1, 2 e 3 são, respectivamente:

- diamante, vidro, ar.
  - diamante, ar, vidro.
  - ar, diamante, vidro.
  - ar, vidro, diamante.
  - vidro, diamante, ar.
4. A tabela abaixo mostra o valor aproximado dos índices de refração de alguns meios, medidos em condições normais de temperatura e pressão, para um feixe de luz incidente com comprimento de onda de 600 nm

Material	Índice de refração
Ar	1,0
Água (20° C)	1,3
Safira	1,7
Vidro de altíssima dispersão	1,9
Diamante	2,4

O raio de luz que se propaga inicialmente no diamante incide com um ângulo  $\theta_i = 30^\circ$  em um meio desconhecido, sendo o ângulo de refração  $\theta_r = 45^\circ$ .

O meio desconhecido é:

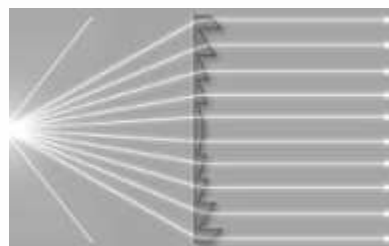
- Vidro de altíssima dispersão
- Ar
- Água (20°C)
- Safira

5. Considerando as velocidades de propagação da luz em dois meios homogêneos e distintos, respectivamente iguais a 200.000 km/s e 120.000 km/s, determine o índice de refração relativo do primeiro meio em relação ao segundo. Considere a velocidade da luz no vácuo, igual a 300.000 km/s.
- a) 0,6
  - b) 1,0
  - c) 1,6
  - d) 1,7
6. Um feixe de luz monocromática, propagando-se em um meio transparente com índice de refração  $n_1$ , incide sobre a interface com um meio, também transparente, com índice de refração  $n_2$ . Considere  $\theta_1$  e  $\theta_2$ , respectivamente, os ângulos de incidência e de refração do feixe luminoso. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. Haverá reflexão total do feixe incidente se \_\_\_\_\_ e se o valor do ângulo de incidência for tal que \_\_\_\_\_.
- a)  $n_1 < n_2$  -  $\text{sen } \theta_1 < n_2/n_1$
  - b)  $n_1 < n_2$  -  $\text{sen } \theta_1 > n_2/n_1$
  - c)  $n_1 = n_2$  -  $\text{sen } \theta_1 = n_2/n_1$
  - d)  $n_1 > n_2$  -  $\text{sen } \theta_1 < n_2/n_1$
  - e)  $n_1 > n_2$  -  $\text{sen } \theta_1 > n_2/n_1$

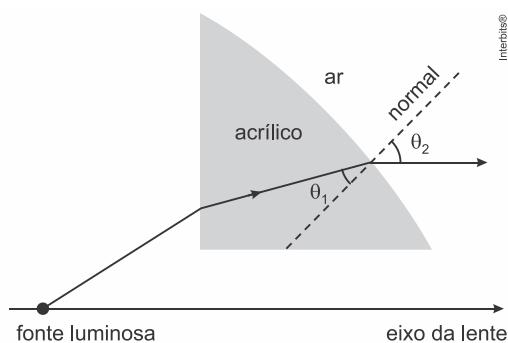
7. Uma lente de Fresnel é composta por um conjunto de anéis concêntricos com uma das faces plana e a outra inclinada, como mostra a figura (a). Essas lentes, geralmente mais finas que as convencionais, são usadas principalmente para concentrar um feixe luminoso em determinado ponto, ou para colimar a luz de uma fonte luminosa, produzindo um feixe paralelo, como ilustra a figura (b). Exemplos desta última aplicação são os faróis de automóveis e os faróis costeiros. O diagrama da figura (c) mostra um raio luminoso que passa por um dos anéis de uma lente de Fresnel de acrílico e sai paralelamente ao seu eixo.



(a)



(b)

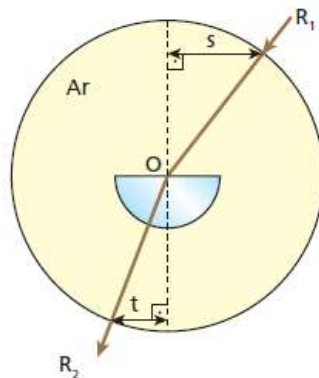


(c)

Se  $\sin(\theta_1) = 0,5$  e  $\sin(\theta_2) = 0,75$ , o valor do índice de refração do acrílico é de

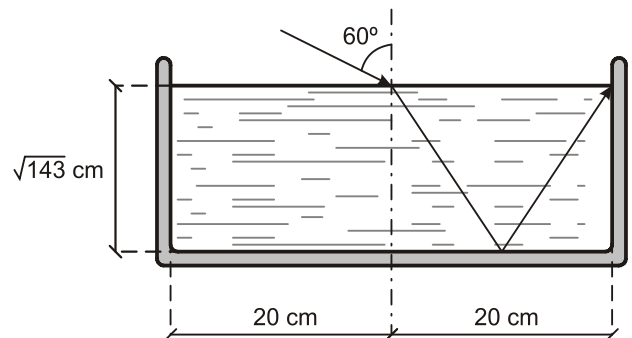
- a) 1,50.
- b) 1,41.
- c) 1,25.
- d) 0,66.

8. Para determinar o índice de refração de um material, uma peça semicilíndrica polida desse material foi colocada sobre um disco de centro  $O$ , como sugere a figura.



Um raio de luz monocromática  $R_1$ , emitido rente ao disco, incide na peça, obtendo-se o raio refratado  $R_2$ . As distâncias  $s$  e  $t$  foram medidas, encontrando-se  $s = 8,0$  cm e  $t = 5,0$  cm. Calcule o índice de refração do material da peça.

- a)  $n = 1,2$
  - b)  $n = 1,3$
  - c)  $n = 1,6$
  - d)  $n = 1,4$
  - e)  $n = 1,8$
- 9.



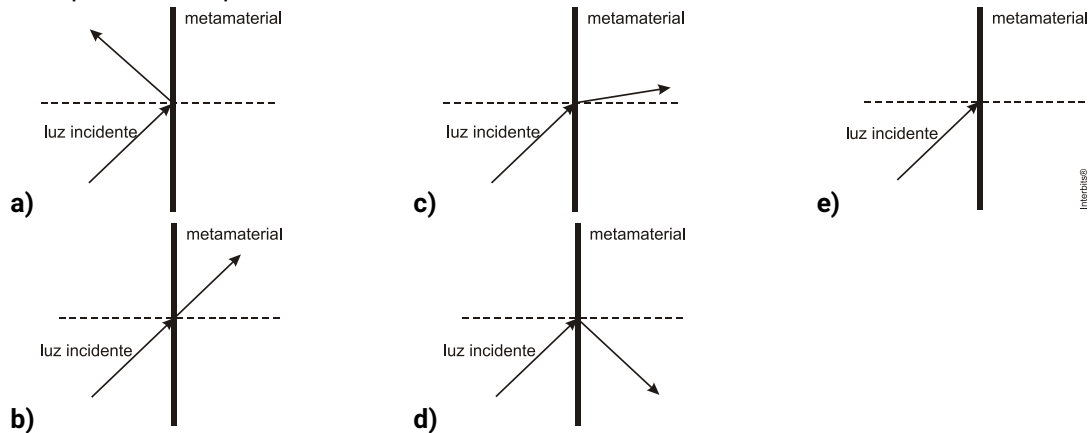
Um raio de luz monocromática incide em um líquido contido em um tanque, como mostrado na figura. O fundo do tanque é espelhado, refletindo o raio luminoso sobre a parede posterior do tanque exatamente no nível do líquido. O índice de refração do líquido em relação ao ar é:

- a) 1,35
- b) 1,44
- c) 1,41
- d) 1,73
- e) 1,33

10. Um grupo de cientistas liderado por pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), nos Estados Unidos, construiu o primeiro metamaterial que apresenta valor negativo do índice de refração relativo para a luz visível. Denomina-se metamaterial um material óptico artificial, tridimensional, formado por pequenas estruturas menores do que o comprimento de onda da luz, o que lhe dá propriedades e comportamentos que não são encontrados em materiais naturais. Esse material tem sido chamado de “canhoto”.

Disponível em: <<http://inovacaotecnologica.com.br>>. Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

Considerando o comportamento atípico desse metamaterial, qual é a figura que representa a refração da luz ao passar do ar para esse meio?





Gabarito

1. D

A glicerina e o vidro se confundem, pois têm o mesmo índice de refração, ou seja, a velocidade da luz é a mesma nesses dois meios.

2. B

$$n_A \sin \theta_A = n_B \sin \theta_B, \text{ em que } \theta_A = 90^\circ - \alpha = 60^\circ \text{ e } \theta_B = \alpha = 30^\circ$$

$$n_A \sin 60^\circ = n_B \sin 30^\circ$$

$$n_A \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = n_B \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{n_A}{n_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}}$$

3. D

Como  $v$  e  $n$  são inversamente proporcionais ( $n = \frac{c}{v}$ ):

$$\left. \begin{array}{l} v_3 < v_2 < v_1 \Rightarrow n_3 > n_2 > n_1 \\ n_{\text{diam}} > n_{\text{vidro}} > n_{\text{ar}} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Meio 1: ar;} \\ \text{Meio 2: vidro;} \\ \text{Meio 3: diamante.} \end{array}$$

4. D

Lei de Snell:  $n_1 \cdot \sin \theta_i = n_2 \cdot \sin \theta_r$

$$2,4 \cdot \sin 30^\circ = n_2 \cdot \sin 45^\circ \rightarrow 2,4 \times 0,5 = n_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow n_2 \cong 1,70$$

5. A

Pela definição de índice de refração, temos que:

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

Portanto:

$$n_1 v_1 = n_2 v_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{120000}{200000}$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = 0,6$$

## 6. E

Usando a Lei de Snell-Descartes:

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

Para a reflexão total,  $\theta_2 = 90^\circ$  e  $\theta_1 = \theta_L$  (ângulo limite).

$$n_1 \cdot \sin \theta_L = n_2 \cdot \sin 90^\circ$$

$$n_1 \cdot \sin \theta_L = n_2 \cdot 1$$

$$\sin \theta_L = \frac{n_2}{n_1}$$

Como  $\sin \theta_L \leq 1 \Rightarrow n_1 > n_2$

Para reflexão total o ângulo de incidência deve ser maior que o ângulo limite, portanto:

$$\sin \theta_1 > \frac{n_2}{n_1}$$

## 7. A

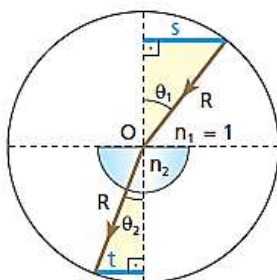
Dado:  $n_{ar} = 1$ .

Aplicando a lei de Snell:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_{ar}}{n_{ac}} \Rightarrow \frac{0,5}{0,75} = \frac{1}{n_{ac}} \Rightarrow n_{ac} = \frac{0,75}{0,5} \Rightarrow n_{ac} = 1,5.$$

## 8. C

Sendo  $R$  o raio do disco, temos:



Usando a Lei de Snell:

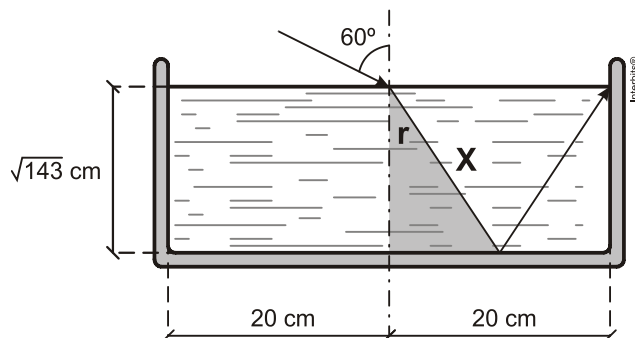
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \cdot \frac{s}{R} = n_2 \cdot \frac{t}{R} \Rightarrow n_2 \cdot \frac{s}{t} = \frac{8,0}{5,0}$$

Então:  $n_2 = 1,6$

9. A

Observe o triângulo sombreado da figura



$$X^2 = 10^2 + 143 = 243 \rightarrow X \cong 15,6 \rightarrow \sin \hat{r} = \frac{10}{15,6} \cong 0,64$$

$$\text{Snell} \rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = n \times \sin \hat{r} \rightarrow n = \frac{\sqrt{3}/2}{0,64} \cong 1,35$$

10. D

Nos materiais naturais, quando ocorre incidência oblíqua da luz, os raios incidente e refratado estão em meios diferentes e em quadrantes opostos, definidos pela superfície e pela normal a essa superfície. No metamaterial, esses raios estão em meios diferentes, mas em quadrantes adjacentes.

