

# Refração da luz

Rodrigo de Paiva

Paiva, R. (2014), Revista de Ciência Elementar, 2(01):0039

O fenómeno da refração da luz ocorre, geralmente, quando esta muda de meio de propagação e, em resultado disso, sofre uma variação na sua velocidade. Se a luz se propagar num meio heterogéneo, a sua velocidade de propagação não é constante, originando

um processo de refração contínua.

Se a incidência da luz for oblíqua, a refração é acompanhada de mudança de direção (figura 1a), o que não ocorre se a incidência for perpendicular (figura 1b).

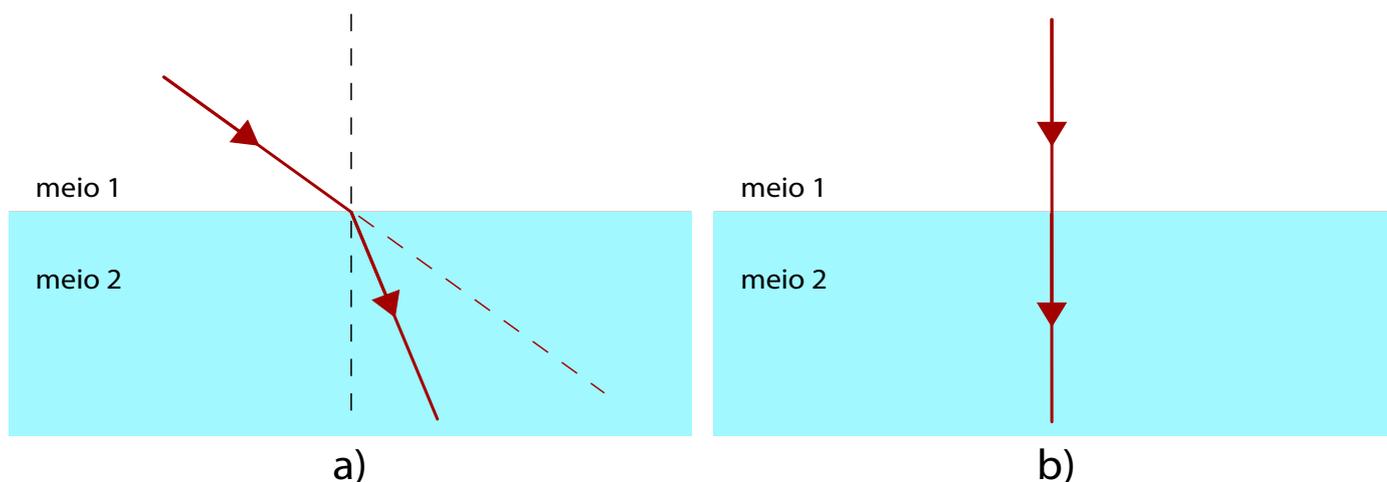


Figura 1 - Refração da luz: a) refração de um raio oblíquo; b) refração de um raio normal.

## Índice de refração

Oticamente, um meio homogéneo e transparente é caracterizado pelo seu índice de refração absoluto. O índice de refração absoluto ( $n$ ) de um meio, para determinada luz monocromática, é a razão entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz no meio em questão ( $v$ ):

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

O índice de refração  $n$  é adimensional e maior que a unidade, para qualquer meio material, visto que  $c > v$ . Pela equação anterior, o índice de refração do vácuo é igual a 1. Para o ar, o índice de refração é praticamente igual a 1, pois a velocidade de propagação da luz no ar é aproximadamente igual à velocidade de propagação no vácuo.

## Leis da refração da luz

Consideremos um raio de luz monocromática propagando-se de um meio de índice de refração  $n_1$  para um outro meio com maior índice de refração,  $n_2$  (figura 2). Seja  $i$  o ângulo de incidência. Devido à refração na interface dos dois meios, o raio incidente

dá origem a um raio refratado que se propaga no segundo meio. O raio refratado forma com a normal um ângulo  $R$ , denominado ângulo de refração.

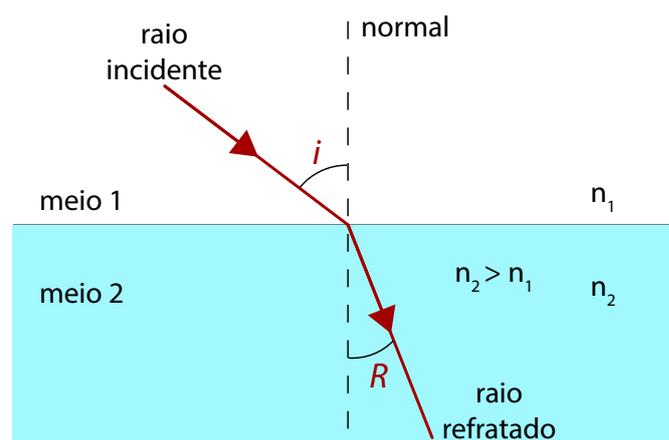


Figura 2 - Refração da luz na interface de dois meios com índices de refração diferentes.

- Se  $n_1 < n_2$ , o ângulo de incidência ( $i$ ) será maior que o ângulo de refração ( $R$ ).
- Se  $n_1 > n_2$ , o ângulo de incidência ( $i$ ) será menor que o ângulo de refração ( $R$ ).
- Se  $n_1 = n_2$ , o ângulo de incidência ( $i$ ) será igual ao ângulo de refração ( $R$ ).
-

A refração da luz é regida por duas leis:

**1.ª Lei:** O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície de separação dos dois meios pertencem ao mesmo plano.

**2.ª Lei ou Lei de Snell-Descartes:** Os ângulos de incidência e de refração satisfazem a condição:

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(R)$$

Assim, se  $n_2 > n_1$ , então  $\sin(R) < \sin(i)$ , resultando  $R < i$ . Portanto, para incidência oblíqua da luz, quando esta passa de um meio com menor índice de refração para outro com maior índice, o raio luminoso aproxima-se da normal.

Podemos, também, escrever a lei de Snell-Descartes na forma :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin(i)}{\sin(R)}$$

Em que  $n_{21}$  é o índice de refração relativo do meio 2 em relação ao meio 1.

**Reflexão total**

Quando luz monocromática se propaga de um meio com menor índice de refração para um de maior índice de refração, não existe nenhuma restrição à ocorrência da refração (figura 3). Para incidência normal, o raio refratado é perpendicular à interface dos dois meios (figura 3a). Em incidência oblíqua ( $i > 0^\circ$ ), o raio luminoso aproxima-se da normal, tendo-se  $R < i$  (figura 3b). Para valores crescentes do ângulo de incidência, verifica-se que, à medida que este se aproxima de  $90^\circ$  (incidência razante), o ângulo refratado ( $R$ ) tende para um valor máximo  $L$ , denominado **ângulo limite** (figura 3c).

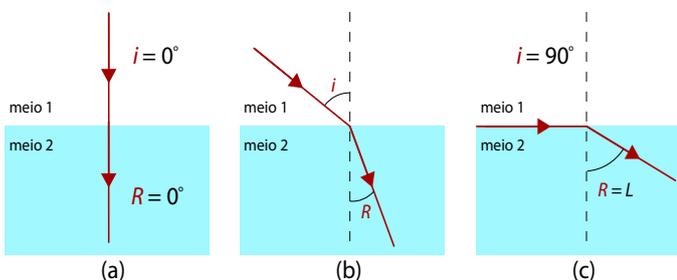


Figura 3 - Refração da luz na passagem de um meio com menor índice de refração para outro de maior índice de refração.

Aplicando a Lei de Snell-Descartes ao caso da refração limite entre dois meios de índices de refração  $n_1$  e  $n_2 > n_1$ , obtém-se sucessivamente:

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(R)$$

$$n_1 \sin(90) = n_2 \sin(L)$$

$$\sin(L) = \frac{n_1}{n_2}$$

Sendo  $n_1 < n_2$ , podemos escrever:

$$\sin(L) = \frac{n_{menor}}{n_{maior}}$$

$$L = \arcsin\left(\frac{n_{menor}}{n_{maior}}\right)$$

Quando luz monocromática se propaga de um meio com maior índice de refração para outro de menor índice de refração, nem todo o raio luminoso sofre refração. Esta situação corresponde à propagação da luz do meio 2 para o meio 1 ( $n_1 < n_2$ ). Em incidência normal (Figura 4a), continua a não haver desvio do raio refratado em relação ao incidente. Para incidência oblíqua (Figura 4b), contudo, o raio luminoso afasta-se da normal ( $R > i$ ). Aumentando gradualmente o ângulo de incidência, o raio refratado aproxima-se da direção razante. Neste caso, a refração limite ocorre para um ângulo de incidência  $i = L$  (Figura 4c), para o qual o ângulo de refração atinge o valor máximo de  $90^\circ$ .

No entanto, para este sentido de propagação, ou seja, do meio com maior índice de refração para o de menor, o ângulo de incidência pode ser maior que o ângulo limite. Quando isto ocorre, não há refração e a luz sofre o fenómeno de reflexão total (Figura 4d).

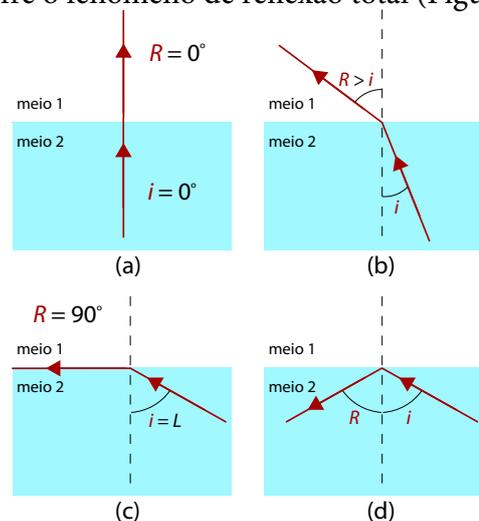


Figura 4 - Refração da luz na passagem de um meio com maior índice de refração para outro de menor índice de refração.

Assim, para haver reflexão total, são necessárias duas condições:

**1.<sup>a</sup> - Sentido de propagação da luz:** do meio com maior índice de refração para o de menor.

**2.<sup>a</sup> - Ângulo de incidência maior que o ângulo limite:**  $i > L$ .

2. [Refração](#), de David Harrison;
3. [Refração de ondas](#), de Vladimir Vašcák;
4. [Ondas e índice de refração](#), de Thomas Fleisch;
5. [Índice de refração e ângulo crítico](#), de Thomas Fleisch;
6. [Lentes e espelhos](#), de Don Ion;
7. [Ótica - lentes e espelhos](#), de Gilbert Gastebois;
8. [Espelhos e lentes esféricos](#), de B. Surendranath Reddy.

Materiais relacionados disponíveis na [Casa das Ciências](#):

1. [Comunicações longas](#), de Rogério Nogueira;

#### Referências

1. Francisco R. Júnior, Nicolau G. Ferraro, Paulo T. Soares, Os Fundamentos da Física 2, 8<sup>a</sup> ed., Editora Moderna, São Paulo, 2003.
2. Paul A. Tipler, Gene Mosca, Física para Cientistas e Engenheiros, 6<sup>a</sup> ed., Vol. 2, Editora LTC, 2009.

#### Autor

Rodrigo de Paiva

Licenciatura em Física pela Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro

#### Editor

(Refração da luz e Leis da Refração da luz)

Manuel António Salgueiro da Silva

Departamento de Física e Astronomia da Faculdade  
de Ciências da Universidade do Porto

#### Editor

(Índice de refração e Reflexão total da luz)

Teresa Monteiro Seixas

Departamento de Física e Astronomia da Faculdade  
de Ciências da Universidade do Porto

