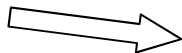


# ELEMENTOS DE ÓPTICA

ÓPTICA  
GEOMÉTRICA



Dimensões dos componentes ópticos muito superiores ao comprimento de onda da luz.



Um feixe luminoso como um conjunto de raios perpendiculares à frente de onda.

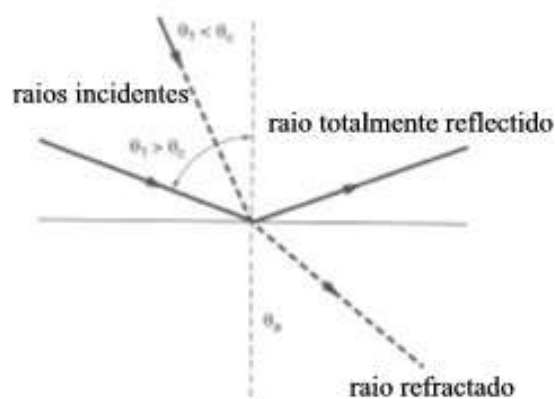
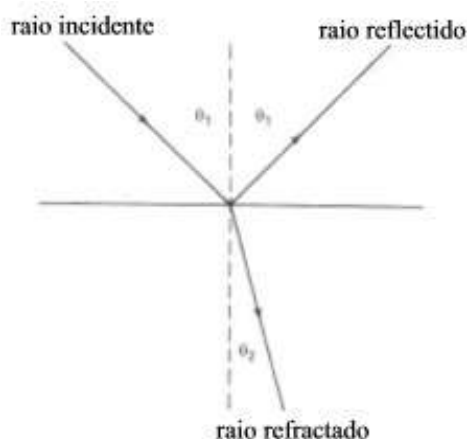
## ÍNDICES DE REFRAÇÃO, LEI DE SNELL E ÂNGULO CRÍTICO

- A velocidade da luz toma o seu valor máximo no vácuo —  $c$ . A velocidade da luz em qualquer outro meio,  $v$ , relaciona-se com o índice de refração desse mesmo meio,  $n$ :

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

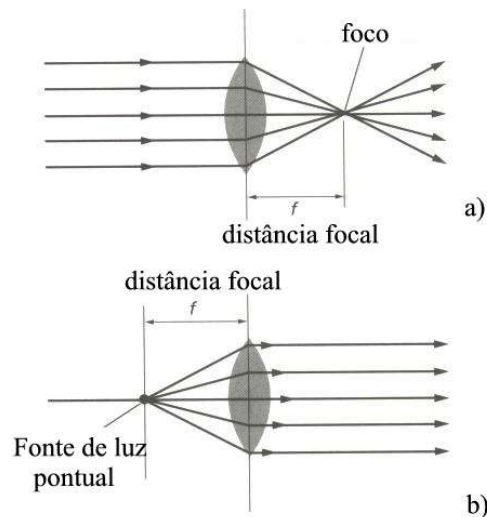
- O ângulo de refração, relaciona-se com o ângulo de incidência através dos índices de refração dos dois meios, Lei de Snell:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

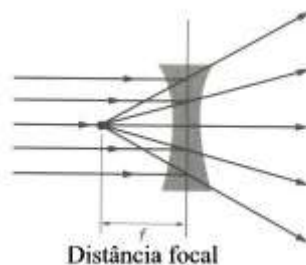


- O ângulo crítico ocorre quando o raio, ao passar de um meio com um índice de refração maior para um meio com um índice de refração menor é refractado segundo um ângulo de  $90^\circ$  (tangente à interface).
- As lentes podem ser convergentes ou divergentes, conforme a sua geometria seja côncava ou convexa.

- O comportamento das lentes convergentes está representado na seguinte figura:



- Enquanto que o das lentes divergentes é representado por:



- A distância focal de uma lente é dada através da expressão:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Convencionou-se que a luz se propaga da esquerda para a direita e que uma lente apresenta um raio de curvatura positivo quando a superfície com que o raio se depara é convexa e negativo quando essa superfície é côncava.

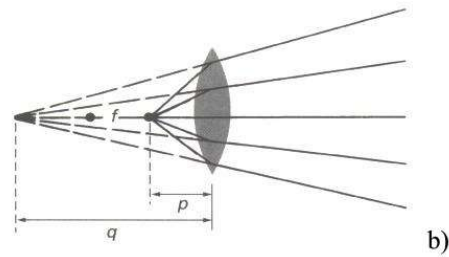
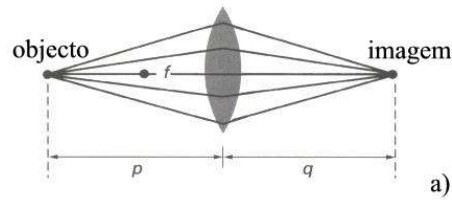
- O poder focal de uma lente é dado por:

$$\text{poder focal} = \frac{1}{f} \text{ (dioptrias)}$$

- Quando duas ou mais lentes se associam (considera-se que se encontram encostadas), a distância focal do conjunto cumpre a relação:

$$\frac{1}{f_T} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

- Numa lente convergente, quando um objecto se encontra sobre o eixo óptico a uma distância superior à distância focal, cria-se uma imagem real, quando a distância é inferior à distância focal, a imagem é virtual.

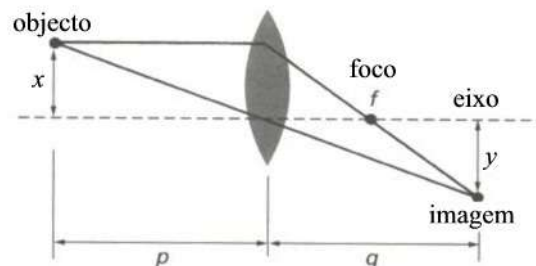


- Numa lente divergente a imagem formada é sempre virtual.
- Numa lente fina, seja  $p$  a distância do objecto à lente e  $q$  a distância da imagem à lente, é válida a expressão:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

- Quando o objecto não se encontra sobre o eixo óptico, como acontece na figura seguinte, cumpre-se a relação:

$$\frac{y}{x} = \frac{q}{p}$$

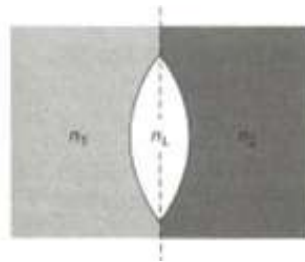


- No caso de um objecto extenso, se pensarmos que cada ponto do objecto se comporta como uma fonte pontual, é fácil prever que:

$$\frac{\text{altura da imagem}}{\text{altura do objecto}} = -\frac{q}{p}$$

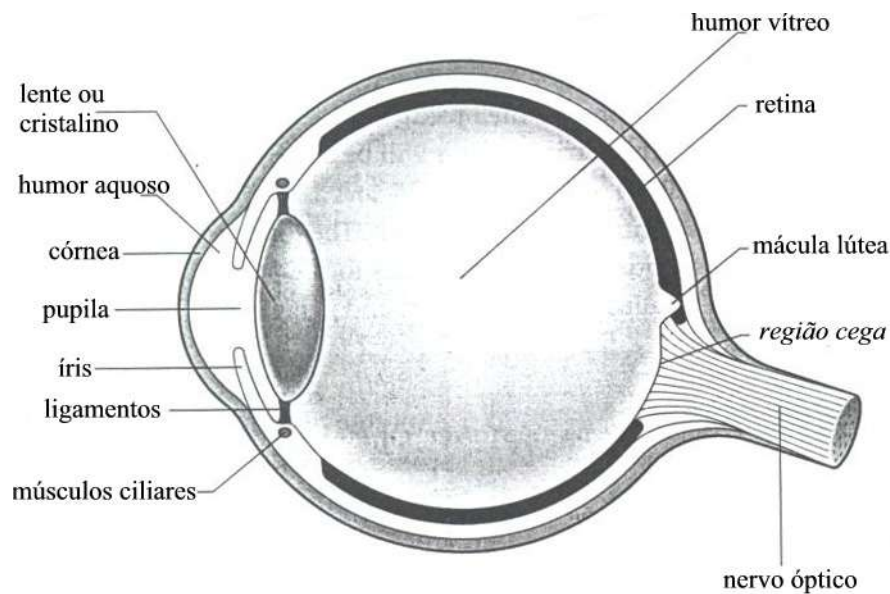
- Quando uma lente, ao invés de estar mergulhada no ar, se encontra mergulhada em dois meios distintos, como o representado na figura (a situação descrita é semelhante ao que se passa no olho humano), cumpre-se:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_L - n_1}{R_1} - \frac{n_L - n_2}{R_2} \quad \text{e} \quad \frac{1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} - \frac{n_L - n_2}{R_2}$$



### O olho humano

- Aspectos relevantes das capacidades do olho humano:
  - 1) Combina a possibilidade de observar eventos numa larga gama de ângulos, com uma extrema acuidade no que respeita a um objecto que se encontre exactamente à sua frente.
  - 2) Apresenta a possibilidade de adaptar a distância focal e proceder à limpeza da lente de um modo rápido e automático.
  - 3) Consegue operar numa extensa gama de intensidades luminosas (cerca de 7 ordens de grandeza diferentes).
  - 4) A córnea possui uma enorme capacidade de reparação dos tecidos de que é constituída.
  - 5) Regula de um modo extremamente eficiente a pressão no seu interior.
  - 6) Ao nível do processamento cerebral, a informação recolhida por cada um dos olhos é utilizada para fornecer informação tri-dimensional.



- Há alguns factos curiosos a realçar no funcionamento do olho:
  1. O índice de refacção da córnea é muito diferente do do ar, pelo que os raios luminosos sofrem uma refacção muito significativa ao atravessá-la.
  2. A íris, ao determinar a abertura da pupila, controla a quantidade de luz que entra no olho.
  3. A lente ou cristalino tem dimensões variáveis dependendo da contracção dos músculos que a ele estão ligados.

Quando estes músculos se encontram relaxados a lente apresenta-se com o seu máximo diâmetro e menor espessura, estando na posição apropriada para focar na retina objectos provenientes de grandes distâncias (assume-se que neste caso os raios provenientes desses objectos são paralelos uns aos outros). Pelo contrário, quando os músculos ciliares se contraem, os ligamentos exercem menor pressão sobre a lente, esta relaxa e apresenta um menor diâmetro e uma maior espessura, ou seja, torna-se apta a focar na retina objectos que se encontrem próximos do indivíduo.

4. O humor vítreo, sendo uma substância gelatinosa, confere a geometria esférica ao olho.

5. Os bastonetes são sensíveis à intensidade da luz, enquanto que os cones são sensíveis à cor.

Propriedades	Bastonetes	Cones
Respondem a:	luz fraca	luz intensa
Apresentam a sua máxima sensibilidade ao comprimento de onda:	azul-verde (500 nm)	verde-amarelo (560 nm)
Apresentam uma resolução espacial:	baixa	alta
Quanto à visão a cores:	não apresentam	são necessários, pelo menos, dois tipos de cones
Tempo de adaptação à escuridão:	cerca de 15 minutos	cerca de 5 minutos

6. A fóvea é a região da retina mais densamente povoada por cones (chega a atingir 150 000 cones por mm<sup>2</sup>).
7. Existe uma região cega no olho humano que é a região onde o nervo óptico abandona a retina.

Componentes do olho humano	Índice de refração
Córnea	1.37
Humor aquoso	1.33
Superfície das lentes	1.38
Interior das lentes	1.41
Humor vítreo	1.33