

# Óptica geométrica: Lei de Snell-Descartes

Diversas hipóteses sobre a estrutura da luz têm sido colocadas desde a antiguidade. Ptolomeu<sup>1</sup> reuniu os conhecimentos ópticos da sua época, num tratado de óptica em cinco volumes, onde expõe a teoria da visão, discute a reflexão nos espelhos planos e curvos, enuncia qualitativamente as Leis da Refracção nas superfícies de separação ar/água, ar/vidro e água/vidro, descrevendo em pormenor o aparelho de que se serviu para determinar esses valores.

Ibn al-Haytham<sup>2</sup>, que viveu na Península Ibérica, escreveu um tratado em árabe sobre óptica, em que surgem já avanços significativos relativamente a Ptolomeu.

No século XIII aparecem duas aplicações importantes da óptica: os espelhos de vidro estanhado e os óculos corretores da visão. Embora haja registos do seu uso a partir do ano 1000 a.C., a construção dos primeiros óculos presume-se que tenha acontecido no norte de Itália, muito provavelmente em Pisa, por volta do ano de 1290.

Kepler<sup>3</sup> deu um novo impulso ao estudo dos fenómenos ópticos com a publicação do seu primeiro trabalho sobre óptica em 1604.

Lipperhey<sup>4</sup> constrói o primeiro telescópio, com duas lentes convergentes montadas num tubo, que permite obter uma imagem invertida. Galileu aperfeiçoa este invento e apresenta o telescópio com imagens direitas, tendo sido muito utilizado em astronomia.

Snell<sup>5</sup> e Descartes<sup>6</sup> estudaram as Leis da Refracção, às quais têm os seus nomes ligados.

Huygens<sup>7</sup> trabalhou no aperfeiçoamento das lentes, na construção de objetivas e de oculares, tendo descoberto a polarização da luz. No entanto, o que mais o notabilizou foi a sua obra "*Traité de la Lumière*", de 1690, em que apresenta a teoria ondulatória da luz. Nela, considerava a luz como resultante das

vibrações de uma substância imponderável que enchia, por completo, todo o espaço e que designou por éter. Esta teoria não foi geralmente bem aceite na época, possivelmente devido ao facto de Newton<sup>8</sup> ter elaborado uma teoria da luz em que a considerava ser constituída por uma emissão de partículas de dimensões muito reduzidas.

A teoria da emissão de Newton surgiu para interpretar os fenómenos de propagação da luz nos prismas.

## 1. O DOMÍNIO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E O CAMINHO ÓPTICO

Na óptica geométrica trabalha-se com raios luminosos e feixes luminosos, em vez de utilizar ondas electromagnéticas. É possível usar esta metodologia sempre que o comprimento de onda da radiação é muito menor do que as dimensões do espaço onde se efetua o estudo. De uma forma mais rigorosa pode dizer-se que a óptica geométrica é o caso limite da óptica ondulatória, quando o comprimento de onda tende para zero.

Para caracterizar um meio óptico utiliza-se o seu índice de refração  $n$ , que é um número adimensional, definido pelo quociente entre a velocidade da luz no vazio,  $c$ , e a velocidade da luz no referido meio,  $v$ ,

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

e é sempre maior do que a unidade.

Em bom rigor, sempre que se referiu a velocidade da luz,  $v$ , num determinado meio, a grandeza em questão deveria ter sido designada como a velocidade de fase da luz, *i.e.* a velocidade com a qual as frentes de fase se propagam nesse meio.

De modo genérico, a velocidade de fase de uma qualquer onda é dada por

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi f}{k} \quad (2)$$

em que:

$\omega$  – frequência angular da onda, em  $\text{rad s}^{-1}$ ;

$f$  – frequência da onda, em  $\text{s}^{-1}$ ;

$k$  – número de onda angular, em  $\text{rad m}^{-1}$ .

O número de onda angular,  $k$ , é dado por

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (3)$$

<sup>1</sup> Cláudio Ptolomeu (de Alexandria), astrónomo, geógrafo e matemático grego, com importantes trabalhos realizados na óptica, 90–168.

<sup>2</sup> Hasan Ibn al-Haytham, matemático árabe que escreveu mais de 200 livros e, por vezes, apelidado de pai da óptica moderna, 965–1040.

<sup>3</sup> Johannes Kepler, matemático e astrónomo alemão, famoso pelas suas Leis do movimento dos corpos celestes, 1571–1630.

<sup>4</sup> Hans Lipperhey, fabricante de óculos alemão-holandês, 1570–1619.

<sup>5</sup> Willebrord Snellius, matemático e astrónomo holandês, 1580–1626.

<sup>6</sup> René Descartes, matemático, físico e filósofo francês, 1596–1650.

<sup>7</sup> Christiaan Huygens, físico, matemático e astrónomo holandês, 1629–1695.