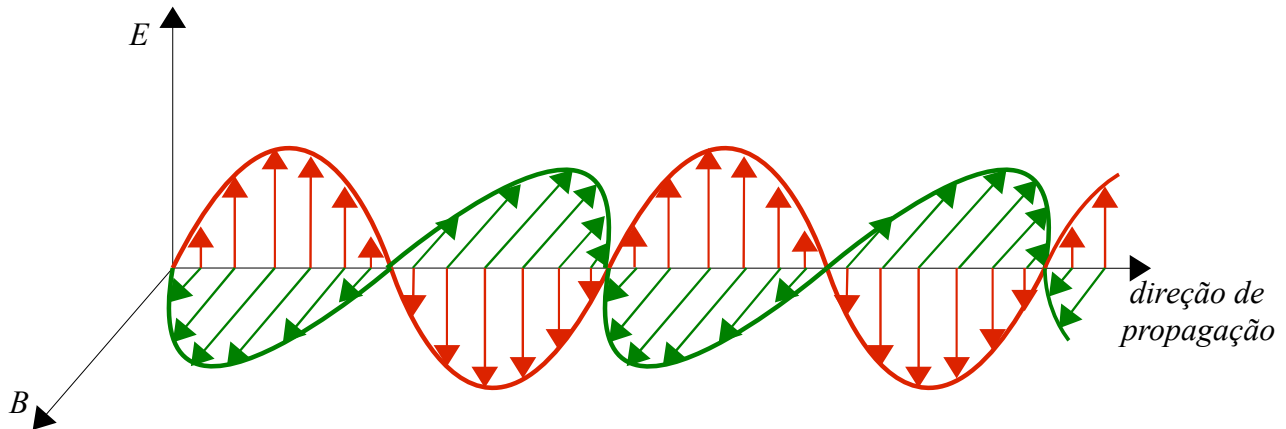


Biotecnologia

Física da Radiação

Em uma onda eletromagnética, os campos elétricos e magnéticos são perpendiculares um ao outro, e ambos são perpendiculares à direção de propagação da onda. São, portanto, ondas transversais. Na figura abaixo, procura-se representar uma onda eletromagnética.



O eixo E é do campo elétrico, e o B é do campo magnético, sendo que estes dois campos avançam no espaço segundo o eixo *direção de propagação*.

Em cada ponto e em cada instante, os campos E e B estão relacionados por

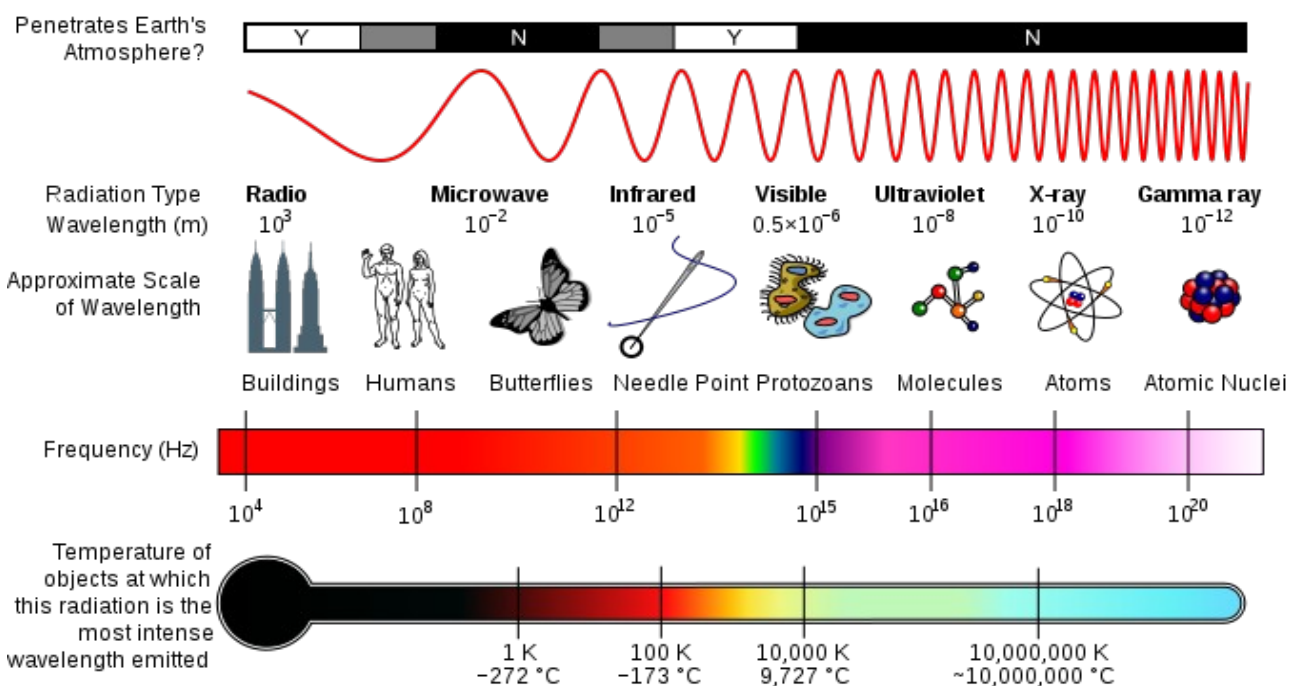
$$E = c B,$$

onde c é a velocidade da onda (velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300.000 \text{ km/s}$).

O Espectro Eletromagnético

Os vários tipos de ondas eletromagnéticas diferem no comprimento de onda λ e na frequência f , que estão relacionados da forma

$$f \lambda = c.$$



Reflexão e Refração

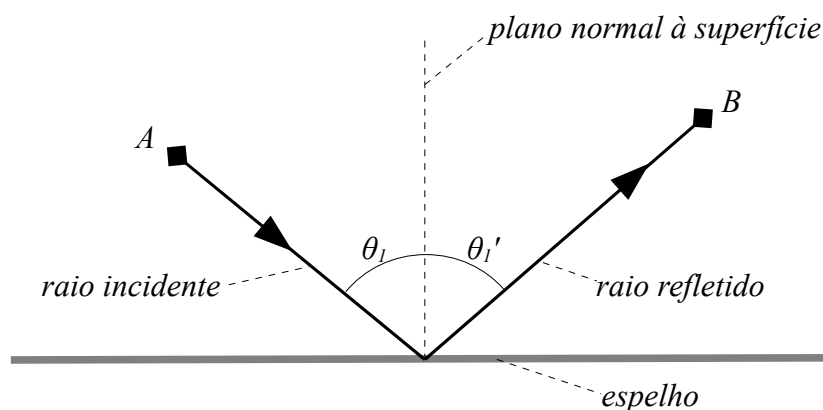
A velocidade da luz em um meio transparente (ar, água, vidro,...) é menor do que $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Cada meio transparente tem como característica o índice de refração n :

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

onde v é a velocidade da luz no meio que não o vácuo.

<i>substância/meio</i>	<i>n (índice de refração)</i>
vácuo	1,00
ar	1,00029
gelo	1,31
água (a 20°C)	1,333
acetona	1,36
álcool etílico	1,36
glicerol	1,473
benzeno	1,5012
vidros diversos	1,4 – 2,0
vidro (típico, acromático)	1,52
safira	1,77
diamante	2,417

Lei da Reflexão



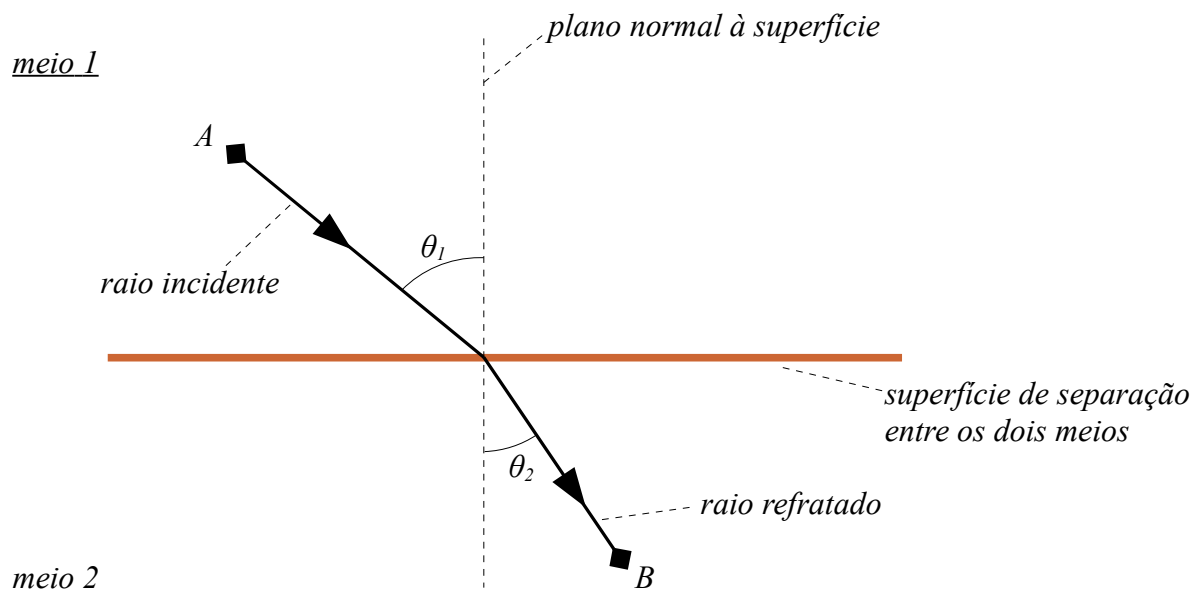
O percurso do raio de luz que liga os pontos A e B , tendo tocado em um ponto da superfície (espelho), conforme mostrado na figura acima, é o de menor distância possível nesta configuração.

$$\theta_i = \theta_i' : \text{lei da reflexão}$$

θ_i : ângulo de incidência

θ_i' : ângulo de reflexão

Lei da Refração



$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2 : \text{lei da refração} \\ \text{ou lei de Snell}$$

Exemplo: Um feixe de luz propaga-se pelo ar e penetra um bloco de vidro, fazendo um ângulo de $57,5^\circ$ com a reta normal de separação entre os dois meios ao incidir sobre o bloco, e um ângulo de $32,5^\circ$ ao ser refratado dentro dele. Qual o índice de refração deste vidro?

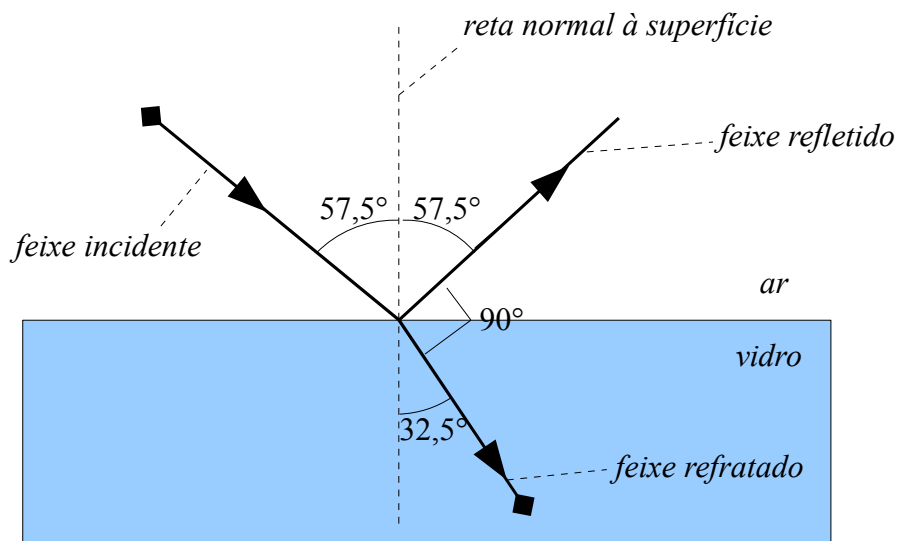
Resolução: Usamos a lei de Snell $n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$.

São dados do problema: $\theta_1 = 57,5^\circ$, $\theta_2 = 32,5^\circ$ e $n_1 = n_{ar} = 1,00029$. Substituindo-os na lei:

$$n_2 = n_1 \frac{\sen \theta_1}{\sen \theta_2} = 1,00029 \frac{\sen 57,5^\circ}{\sen 32,5^\circ} = 1,00029 \frac{0,84339}{0,5373} \approx 1,57$$

Portanto, o índice de refração deste vidro é de 1,57.

Observe a figura abaixo que ilustra este exemplo, onde foi acrescentado o feixe refletido.



Note que os feixes refletido e refratado acima formam um ângulo de 90° entre si, ou seja, $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$.

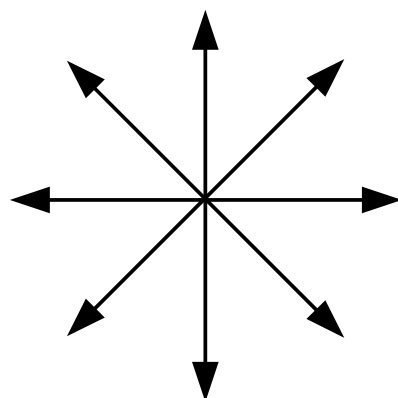
Nesta situação especial, o raio refletido possui a característica de ser polarizado, conforme expomos a seguir.

Polarização

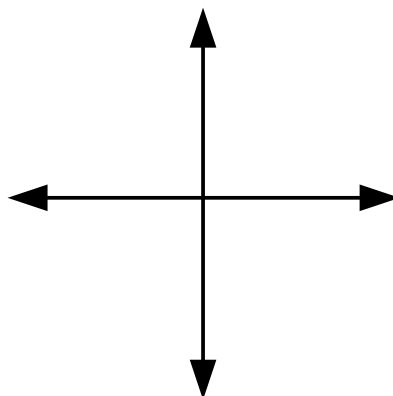
A polarização de uma onda eletromagnética se dá se os campos elétrico e magnético oscilam, cada um, sempre num mesmo plano determinado. Uma onda assim é chamada de plano-polarizada, ou linearmente polarizada.

Um exemplo de ondas linearmente polarizadas são as ondas de rádio. (Um único elétron oscilando num plano emite onda eletromagnética plano-polarizada.)

Uma fonte luminosa comum (lâmpada fluorescente, lâmpada incandescente, chama de vela, o Sol) emite luz não-polarizada.



*vetores de campo elétrico \vec{E}
de onda não-polarizada*



*projeção em componentes
horizontal e vertical de \vec{E}
de luz não-polarizada*



*onda eletromagnética
com polarização no
plano vertical*

Uma onda eletromagnética pode ser elipticamente polarizada, se a fonte se mover em uma elipse no plano perpendicular à propagação.

Se a fonte se mover em direções aleatórias, a onda produzida é não-polarizada.

A luz refletida em uma superfície que separa dois meios é parcialmente polarizada. Esta polarização é total, para um determinado ângulo de feixe incidente. Este ângulo polarizante é tal que os raios refletidos e refratados são perpendiculares (ver figura acima).

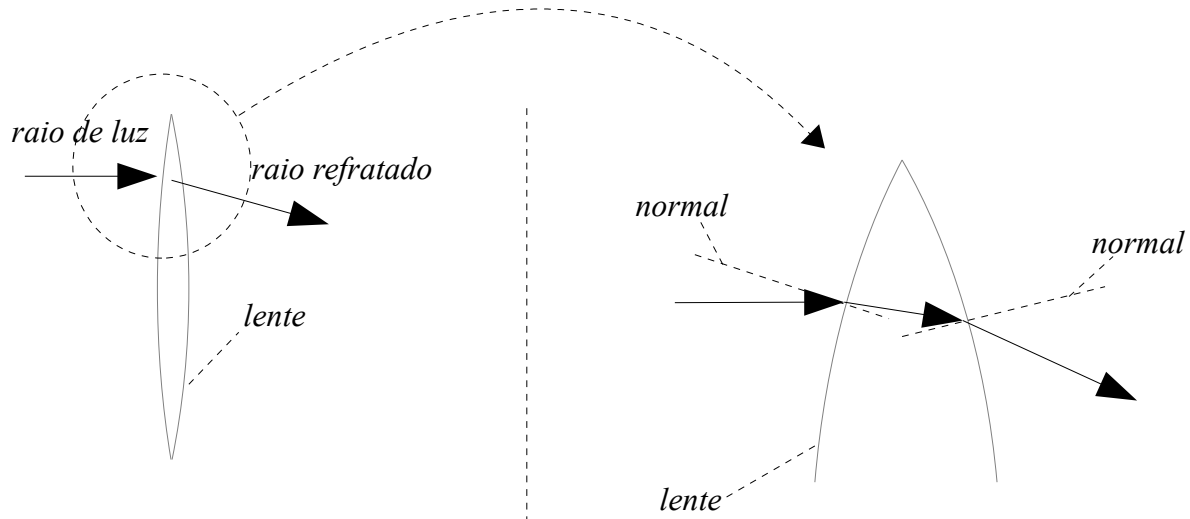
O ângulo do raio incidente na situação de polarização do raio refletido é conhecido como *ângulo de Brewster*.

O raio refratado é também levemente polarizado, nestes casos de polarização por reflexão.

Refração em Lentes

A refração é o fenômeno que está por trás da formação de imagens através de lentes.

Uma lente, ao ser atravessada por um raio de luz, refrata-o, mudando sua direção de propagação, conforme esquematizamos na figura abaixo.



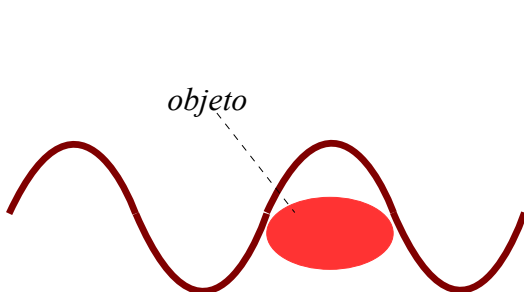
Difração

Difração é a capacidade das ondas de contornar obstáculos. É um fenômeno presente em todos os tipos de ondas, mas que é bastante notório nas ondas sonoras.

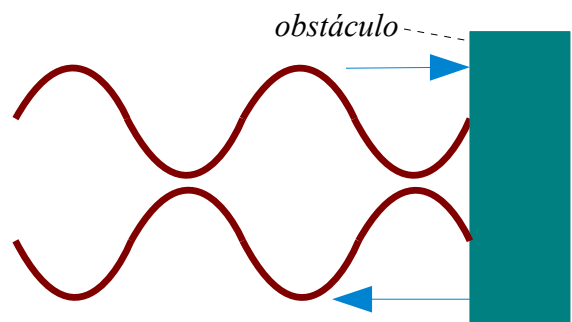
Se um objeto atingido por uma onda for pequeno em relação ao comprimento de onda, não há reflexão da onda: há difração ao redor do objeto.

Portanto, os comprimentos de onda utilizados em sonares são os menores possíveis, para que o som seja refletido e captado de volta ao aparelho.

Morcegos fazem algo semelhante, ao emitirem sons em frequências elevadas (comprimentos de onda pequenos), para receptarem de volta a onda refletida. A frequência do limite inferior do ultrassom é de 20.000 Hz. O morcego emite sons com cerca de 120.000 Hz.



- o comprimento de onda é grande em relação ao tamanho do objeto, e a onda o contorna: ocorre difração da onda.



- o comprimento de onda é pequeno em relação ao tamanho do objeto, e assim a onda bate nele e retorna: ocorre reflexão.

Costuma-se dizer que difração é capacidade da onda de dobrar esquinas.