

## **REFRAÇÃO**

### *Objetivos:*

Observar a refração da luz e determinar o índice de refração da água.

### *Teoria:*

A refração é uma propriedade dos fenômenos ondulatórios que ocorrem devido à variação da velocidade de propagação da onda quando esta passa de um meio para outro.

A luz, graças ao seu caráter ondulatório, também sofre refração. Pode-se caracterizar um determinado meio, do ponto de vista óptico, pela variação da velocidade de propagação da luz quando passar por ele. Neste sentido define-se o índice de refração absoluto ( $n$ ) como sendo a relação entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e no meio em questão ( $v$ ):

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

No ar a velocidade da luz é praticamente a mesma que no vácuo, o que leva a um índice de refração absoluto de aproximadamente 1. Por outro lado, para água este índice vale 1.33.

Entre dois meios pode-se definir o índice de refração relativo. Considerando os meios 1 e 2, o índice de refração relativo ( $n_{21}$ ) vale:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

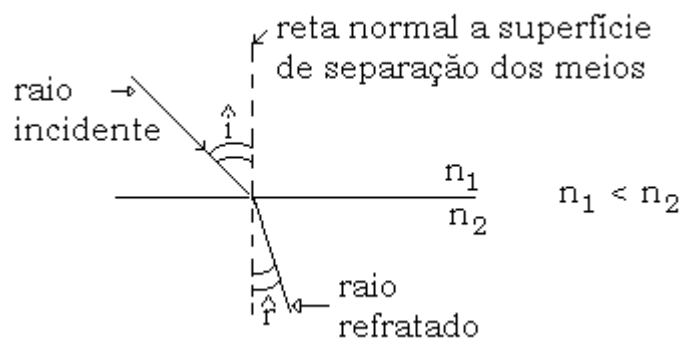
O comportamento do raio refratado é descrito por duas regras básicas, chamadas de lei da refração. A primeira estabelece que os raios incidentes e refratados estão no mesmo plano que a reta normal à superfície de separação dos dois meios. A segunda relaciona os ângulos de incidência ( $\hat{i}$ ) e de refração ( $\hat{r}$ ),

tomados a partir da reta normal a superfície, com o índice de refração relativo entre os dois meios ( $n_{21}$ ) e é chamada lei de Snell-Descartes:

$$n_{21} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}}$$

Esta última relação é válida para luz monocromática. Tendo várias cores, que significam várias frequências distintas, o índice de refração é diferente para cada cor. Esta propriedade dá origem a decomposição da luz em suas componentes; um exemplo é a decomposição da luz branca formando o arco-íris.

Ainda analisando o índice de refração em termos dos ângulos, observa-se que o raio refratado se aproxima da normal quando a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, i.e,  $n_1 < n_2$  (veja figura abaixo). Por sua vez, se  $n_2 < n_1$  o raio de luz se afastada da normal.

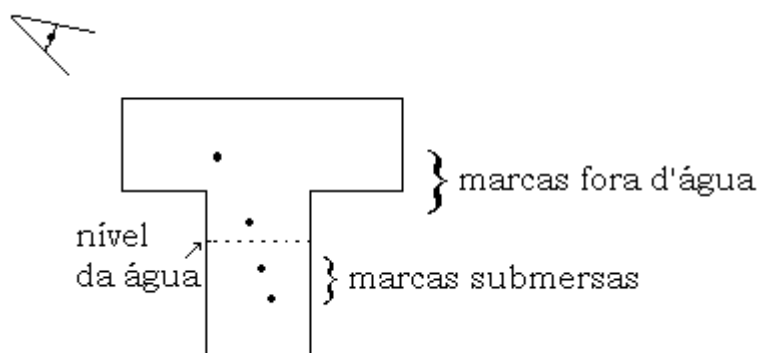


Existe um ângulo incidente limite a partir do qual não há refração. Neste caso a luz sofre reflexão total.

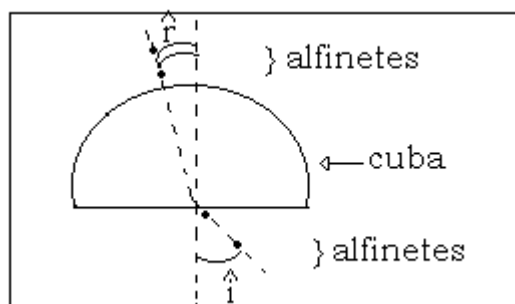
É bom notar que para o caso particular da luz incidir perpendicularmente à superfície, o ângulo de refração é igual ao ângulo de incidência ( $90^\circ$  com a superfície ou  $0^\circ$  com a normal).

*Experimento:*

São sugeridos dois experimentos para determinar o índice de refração da água. No primeiro é usado cartolina, uma vasilha transparente com água (pode ser um becker) e uma caneta com tinta não solúvel em água. Corta-se a cartolina em forma de "T", de maneira que a parte superior possa ser apoiada na borda da vasilha e a parte inferior colocada dentro da água. Na parte inferior faz-se duas marcas com a caneta, de forma que deliniem uma direção para os raios de luz. Introduz-se o cartão na vasilha contendo água de forma que as duas marcas fiquem submersas. Procure alinhar estas duas marcas com outras duas que serão feitas na parte da cartolina que ficou fora d'água. Retirando o cartão da água marca-se o nível da água, que representa a superfície de separação dos meios. Traça-se uma reta pelos dois pontos submersos e outra pelos que ficaram na parte seca, lembrando que a origem é comum as duas retas e está sobre a superfície de separação. Traçando a normal a esta superfície, determina-se os ângulos de incidência e refração, que permite obter o valor do índice de refração da água. A figura abaixo ilustra este procedimento:



Outra maneira de determinar o índice de refração da água é usando uma cuba de semicírculo. Coloca-se a cuba sobre uma superfície de isopor e alinha-se dois alfinetes em frente a superfície plana da cuba. Olhando através da cuba, cheia de água, procura-se alinhar outro alfinete atrás da cuba (na parte curva). Finalmente, marca-se a divisão entre os dois meios dada pela parte plana da cuba. Traçando a normal a esta divisão e determinando os raios incidente e refratado pela posição dos alfinetes é possível determinar os ângulos  $i$  e  $r$ , obtendo assim o índice de refração. A figura abaixo ilustra o resultado:



*Observações:*

- 1) Deve estar atento para que a linha que uniu os dois pontos submersos passe pela parte superior do T em ângulo não nulo com a normal.
- 2) Cuidado ao alinhar os pontos fora d'água, pois disto depende a obtenção de duas retas (que representam os raios incidentes e refratados) que deverão se cruzar sobre a superfície de separação dos dois meios.
- 3) A geometria da cuba é importante uma vez que o raio refratado sairá perpendicular a superfície circular (normal), não sofre novo desvio.