

(LEMBRANDO QUE É UMA POSSÍVEL FORMA DE RESOLVER AS QUESTÕES)



1. E do ponto de vista do peixe, você está mais abaixo ou mais acima da posição onde realmente está? Explique traçando raios de luz.



A imagem do observador se encontra mais acima de posição verdadeira. No caso, os raios de luz que saem dos olhos (objeto) incidem em um meio mais refringente já que o índice de refração da água é maior que o índice de refração do ar. Assim, o ângulo em relação à normal diminui, que podemos verificar pela Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

Sendo  $n_1 = 1$  e  $n_2 = 1.33$ , temos:

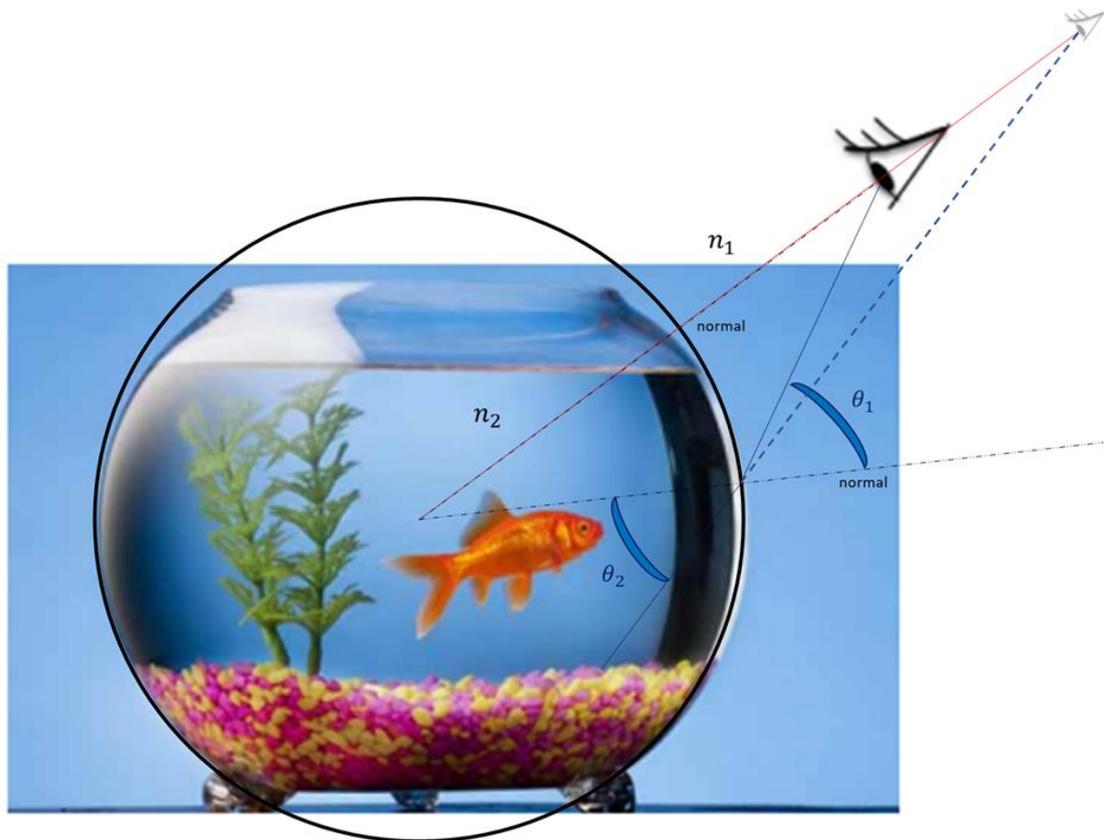
$$\sin \theta_1 = 1.33 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{1.33}$$

Como a função seno de  $0$  à  $\frac{1}{4}$  de arco é crescente, então  $\theta_2 < \theta_1$

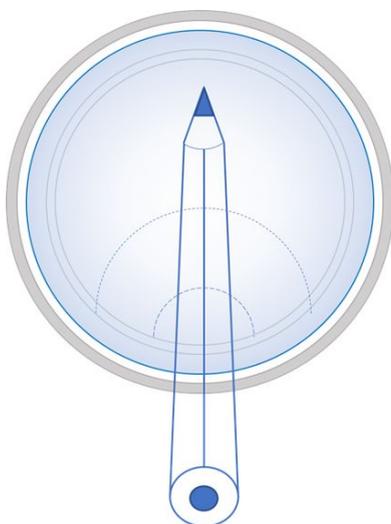
Dessa forma os raios que alcançam o peixe são desviados para mais perto da normal. Prolongando os raios de luz refratados, percebemos que eles determinam uma imagem virtual, cuja posição se encontra atrás do objeto, então a impressão do peixe é que a pessoa que o observa está mais distante do que realmente está.

Uma possível representação do esquema é a da imagem a seguir:

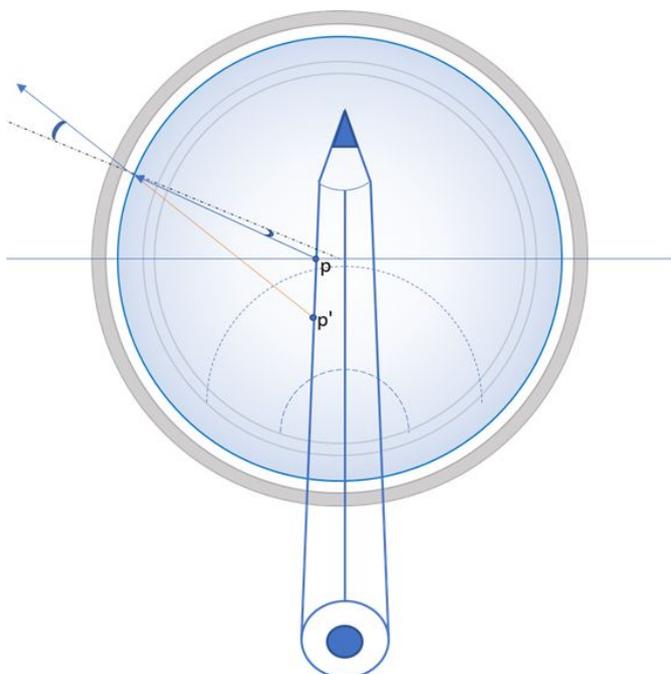
**Observação: os raios vermelhos incidem com ângulo igual à zero em relação à normal, sendo paralelos a ela naquele ponto; nos raios de luz azuis,  $\theta_2 < \theta_1$ .**



2. Faça um experimento: coloque um lápis (ou qualquer vareta rígida) em um copo com água, de maneira que uma parte fique na água e outra fora da água. Olhe por cima da superfície plana que divide os dois meios. Como você enxerga o lápis ou vareta? Faça um esquema, com raios de luz, para explicar o que você viu.



Quando visto completamente de cima, não percebemos nenhum tipo de alteração e o que vemos do lápis aparenta ser completamente normal. Isso ocorre uma vez que os raios de luz que saem da parte submersa do lápis sobem perpendiculares à interface, com ângulo de incidência zero em relação à normal. Dessa forma, não ocorre nenhum desvio e visualizamos o lápis como ele é caso não tivesse uma parte sua submersa.



Quando visto lateralmente, podemos notar que ocorre um desvio da luz na interface entre água e ar. A impressão que temos é que o lápis está quebrado. Fazendo o esquema ao lado, conseguimos perceber como os raios de luz que partem da ponta submersa do lápis alcançam uma pessoa olhando o copo pela sua lateral. A pessoa visualiza o ponto  $p$  como se ele estivesse na posição  $p'$  (neste caso desconsideramos os efeitos causados pelo vidro na trajetória da luz, como se o copo fosse uma superfície delgada).

**3. Considere um aquário esférico de paredes finas, e os seguintes dados:**

**Raio do aquário = 15 cm**

$n_1 = 1,33$

$n_2 = 1,0$

**Centro do peixe = 10 cm da superfície côncava do aquário**

**Calcular a distância da imagem do centro do peixe à superfície côncava do aquário, sobre o eixo. Você encontrou um número positivo ou negativo? O que isto quer dizer?**

Para encontrar a distância da imagem do centro do peixe à superfície côncava, podemos utilizar a equação de superfície esférica refrativa (ou equação do dioptro simples):

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{p'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Substituindo os valores fornecidos pelo exercício, tem-se:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{p'} = \frac{n_2 - n_1}{R} \rightarrow \frac{1.33}{10} + \frac{1}{p'} = \frac{1 - 1.33}{-15} \rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{1 - 1.33}{-15} - \frac{1.33}{10} \rightarrow$$
$$\rightarrow \frac{1}{p'} = 0.022 - 0.133 = -0.111 \rightarrow p' = \frac{1}{-0.111} = -9 \text{ cm}$$

Obtemos então, um valor negativo para a distância da imagem. Isso indica que a imagem do centro do peixe se encontra do lado virtual, ainda dentro do aquário.