

Os diferentes caminhos da luz até entrar em nossos olhos.

A observação cuidadosa de situações que vivemos no dia a dia e uma análise detalhada sobre o caminho da luz ao entrar em nossos olhos leva-nos a entender um fenômeno físico importante da óptica que é a refração da luz.

Regina Helena Ponteli Costa
Professora da E.E. Benedito Tolosa
Shizue Ideriha Shimizu
Professora da E.E. Tarcísio A. Lobo

O QUE A FÍSICA PODE ENSINAR

Os fenômenos físicos estão no nosso cotidiano, mas compreendê-los não é fácil. Os efeitos ópticos oferecem dificuldades de explicação porque o processo que leva à visão dos objetos é concebido erroneamente pelo senso comum. A análise de um experimento sobre a refração da luz pode levar os alunos a compreender a lei física que se aplica no caso e qual é o papel do olho do observador.

Participamos de um projeto dentro do Programa para Melhoria do Ensino Público subvencionado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que se desenvolve no Instituto de Física da USP, coordenado pela Profa. Dra. Jesuína L. A. Pacca, cujo objetivo é planejar aulas que propiciem uma aprendizagem significativa para o estudante e rigorosa quanto ao conteúdo científico. Neste trabalho desenvolvemos um experimento para tratar a refração da luz com alunos do fundamental, com possibilidade de estender-se ao médio se for incluída a formalização matemática.

No percurso de construção do conhecimento da física o aluno é o protagonista principal dessa aventura na descoberta da ciência.

Foto 1



A piscina nos parece sempre ser mais rasa do que realmente é.

O peixe está sempre mais fundo do que parece.

Situações no nosso dia-a-dia mostram que a água, apesar de ser transparente, desvia o trajeto da luz. Para o aluno entender o desvio que a luz sofre ao atravessar uma superfície que separa dois meios ópticos diferentes (água e ar, por exemplo) propusemos uma atividade diferenciada que, analisada adequadamente, serve de instrumento para facilitar esse entendimento. Possibilita também que o aluno reveja seu conceito de visão e trabalhe com diferentes habilidades como expressar suas idéias, fazer comparações, fazer medidas, construir desenhos para expressar suas hipóteses e tirar suas conclusões.

A idéia fundamental é que, se vemos alguma coisa é porque existe luz no ambiente, mesmo que essa luz seja bastante difusa e em baixíssima intensidade, mas para enxergar um objeto **a luz precisa vir do objeto e entrar no olho**. Esse é um conhecimento básico no processo da visão.

Este trabalho tem como proposta apresentar uma atividade de óptica para o estudo da refração da luz, que é possível de ser aplicada em sala de aula, em que o aluno participe de maneira ativa da construção das idéias envolvidas nesse fenômeno físico.

O objetivo principal da atividade é levar o estudante a perceber que em certas condições a luz sofre um desvio até chegar aos nossos olhos; que a posição aparente assumida dentro da água, como se fosse uma imagem não real, ocorre devido à refração da luz; que a luz que entra no olho do observador vem do objeto e não da “imagem” como parece, nos dando a impressão de que a piscina é mais rasa. Isto porque na refração o caminho da luz sofre um desvio quando ela atravessa a superfície que separa dois meios ópticos diferentes.

UMA SITUAÇÃO INTRIGANTE – A CANETA QUEBRADA

Formamos 6 grupos de alunos para trabalhar com materiais simples e acessíveis:

- 1 caneta esferográfica
- 1 recipiente de material opaco cheio de água
- régua e caneta de retroprojeter

Fizemos, no corpo da caneta esferográfica, 8 marcas numeradas de 1 a 8, a cada 2cm, para ajudar a construção da “imagem” na refração. A 1ª marca na ponta da tampa, a 2ª e 3ª ainda caíram na tampa e continuamos com as marcas até o fim.

Foto 2



Propusemos aos alunos pensar no fenômeno da **reflexão difusa** da luz, necessária para que um objeto num ambiente iluminado possa ser visto de qualquer lugar.

É importante que eles expressem suas idéias e que o professor as aproveite para discutir e comparar as hipóteses que surgem, encaminhando para o que ocorre quando há **refração da luz**. O **caminho da luz refletida pela caneta até o olho do observador** é um marco importante para estabelecer inferências e facilitar a compreensão desse fenômeno.

1º Passo:

Apresentamos a caneta antes de mergulhá-la e relembramos o processo da visão com as seguintes questões:

- **Vocês estão vendo a caneta. Por que vemos essa caneta? Qual o caminho da luz para ver a caneta?** A resposta esperada seria: *Porque está chegando luz em nosso olho*. A caneta sendo um corpo iluminado recebe luz do ambiente ou de um corpo luminoso, **e reflete essa luz que vai atingir o nosso olho**.

2º Passo:

A caneta esferográfica foi em seguida mergulhada na água como mostra a Foto 3 e perguntamos aos alunos:

- **E agora, como vocês estão vendo a caneta?** Sugerimos que eles se deslocassem no espaço para diferentes posições de observação.

O uso de máquina fotográfica pode ser um recurso interessante a ser utilizado na atividade. As fotografias selecionadas dentre os grupos são importantes para evidenciar e caracterizar o fenômeno ou até fazer medidas.

Foto 3



Outras perguntas foram feitas:

- **A caneta mudou de posição?**
- **Parece estar mais grossa? Em qual parte?**
- **Em qual posição do observador a caneta parece estar quebrada?**
- **O que você pode dizer a respeito do caminho da luz?**

É fácil observar que:

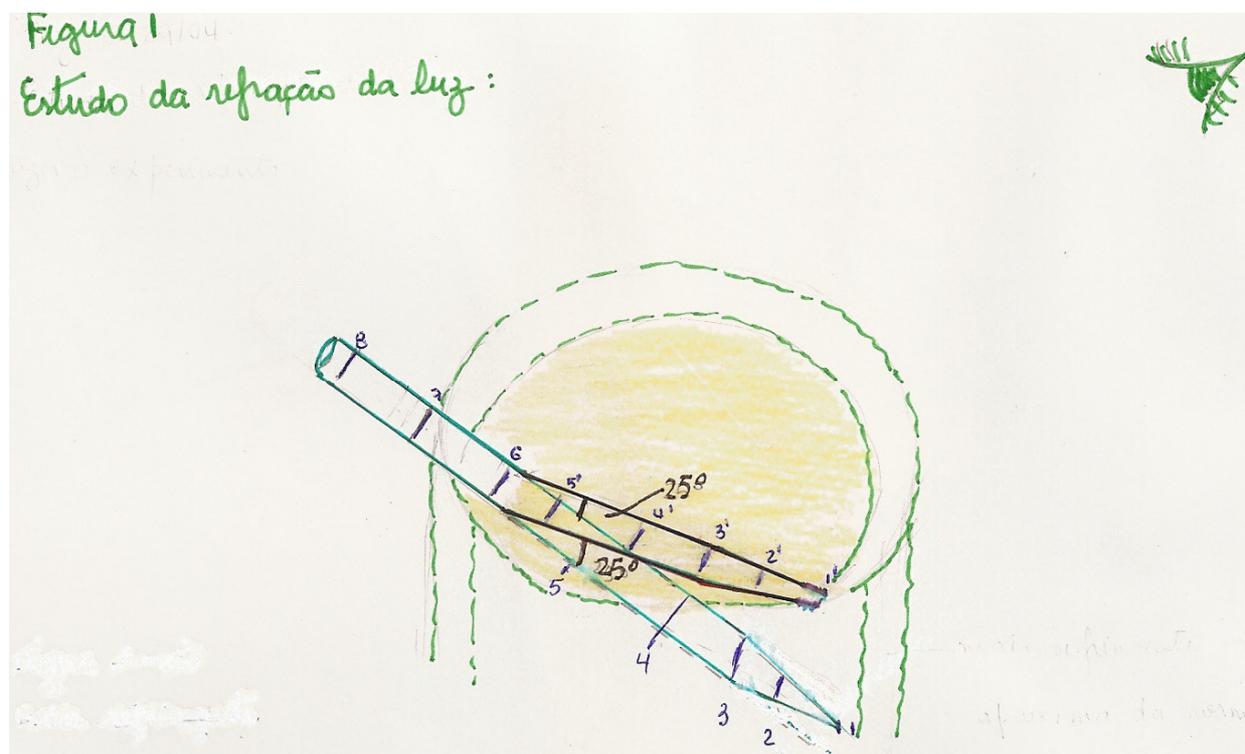
- a ponta da caneta parece estar numa posição acima do fundo do recipiente.
- a parte da caneta dentro da água parece mais grossa.
- olhando obliquamente a certa distância, a caneta parece estar quebrada, exatamente no ponto em que toca a superfície da água.

DESENHANDO A CANETA QUEBRADA

Solicitamos aos alunos que fizessem um desenho, representando em detalhe com indicação das marcas, o que eles viam. É importante pedir para observar com atenção a posição da “imagem” (caneta quebrada na superfície), que é vista pelo observador. Pedimos para fazerem um desenho com a representação do caminho da luz vinda de cada marca do objeto até o olho do observador, lembrando que a luz caminha em linha reta no ar e na água. Notamos como e porque o olho é enganado, com a visão da caneta quebrada.

A Foto 4 mostra a caneta quebrada desenhada por um aluno, tal como na Foto 3.

Foto 4



No desenho podemos destacar as marcas dentro e fora da água:

■ **o objeto real** - dentro da água (pontos 1, 2, 3, 4, 5) e fora da água (pontos 6, 7 e 8).
As distâncias entre as marcas deveriam ser de 2cm porém o desenho é uma aproximação do que o observador vê e que dá conta da “quebra”

■ **o objeto virtual** - dentro da água (pontos 1', 2', 3', 4' e 5').
As marcas ficam mais próximas

Dica importante: As marcas servem de referência para determinar o caminho da luz, desde o objeto até o olho. A recuperação da parte da caneta que está mergulhada (a caneta real) permite comparar com a posição da “imagem” (a caneta virtual).

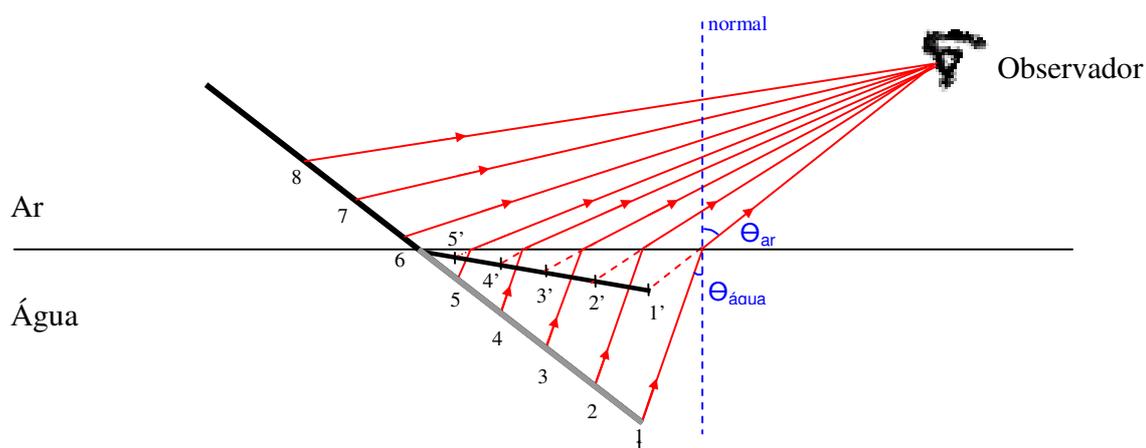
A LUZ QUE PASSA DA ÁGUA PARA O AR MUDA SEU CAMINHO

Utilizamos esta linguagem do desenho para o aluno expressar melhor suas idéias e relacioná-las ao que é observado para explicar o fenômeno físico da refração da luz e à compreensão da idéia-chave neste experimento – **o desvio da luz** - que resulta na “caneta quebrada” desenvolvendo as idéias fundamentais sobre luz e processo de visão. É preciso estar atento às orientações desta atividade e às concepções expressas por eles enquanto observam e experimentam.

Dica importante: A idéia principal é que para ver um objeto a **luz precisa partir do objeto e entrar no olho**.

Depois de discutir algumas representações nos desenhos fizemos um esquema completo, representando o caminho da luz, desde o objeto até o olho. Figura 1

Figura 1



Objeto (caneta real) – pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8

Imagem do objeto (caneta virtual) – pontos 1', 2', 3', 4' e 5'

O OLHO É ENGANADO QUANDO A LUZ ATRAVESSA A SUPERFÍCIE DA ÁGUA

O observador, ao olhar a caneta dentro da água vê o objeto fora do lugar esperado, por exemplo, a marca 1' deveria estar em 1. Para o observador parece que a luz vem da marca 1' sem se desviar podendo traçar um segmento de reta do ponto 1' até o olho do observador, como se o olho soubesse que a luz caminha em linha reta independente de atravessar a superfície. O segmento 1,2,3,4,5 é o lugar esperado e o 1', 2', 3', 4', 5' é o que o olho vê, isto é, de onde a luz parece vir até chegar no olho (supondo que não houvesse desvio).

Todos os raios subseqüentes do desenho foram traçados com esse mesmo critério. A generalização desse comportamento para todos os raios de luz leva às **Leis da Refração**.

O que ocorre de fato é:

- A luz vem do objeto, por exemplo do ponto 1, atravessa a superfície de separação entre os dois meios (água e ar), muda sua direção e entra no olho do observador.
- O ponto P na superfície é o ponto de quebra na superfície de separação.
- A caneta parece quebrada porque a luz que chega ao olho parece vir de 1', 2', 3', 4', 5'.
- A velocidade com que a luz se propaga é diferente em meios diferentes.

O valor da velocidade da luz de 300 000 km/s é o valor da velocidade no vácuo e corresponde ao valor máximo. Na água, vidro, acrílico, a velocidade da luz será sempre menor do que esse valor; quanto maior a diferença de velocidade entre os dois meios, maior será o desvio da luz. A velocidade da luz na água é 225000 km/s e no ar é 300000 km/s.

Cada substância produz um desvio diferente e este é medido pelo índice de refração da luz nesse meio. O índice de refração da água é 1,33 e o do ar é 1,00029. Por isso a luz faz um ângulo diferente com a linha normal à superfície na Figura 1: $\Theta_{\text{ar}} \neq \Theta_{\text{água}}$

O fenômeno da **refração da luz** consiste na mudança de direção de propagação da luz, ao passar de um meio para outro, e está relacionado à mudança de velocidade que a luz sofre nessa passagem e à mudança do índice de refração.

Aproveitando uma situação do dia a dia do aluno e problematizando um fenômeno interessante conseguimos o envolvimento dos estudantes, que passaram a investigar, criar hipóteses, manipular materiais, escrever e desenhar para representar suas idéias, começando a entender a linguagem da ciência.