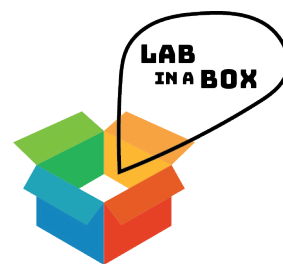


REFLEXÃO E REFRAÇÃO



Nesta atividade iremos verificar as leis da reflexão e da refração.

DISCIPLINA FQ - 8º ano; Física - 10º ano	PROGRAMA CURRICULAR Fenómenos da Natureza Ondulatória: Som e Luz; Ondas (extracurricular)
--	---

Se a luz anda em linha reta, como muda de direção?

Quando a luz (radiação eletromagnética) incide na superfície de separação entre dois meios com propriedades elétricas e magnéticas diferentes resultam, em geral, uma onda refletida no primeiro meio e outra transmitida para o segundo meio.

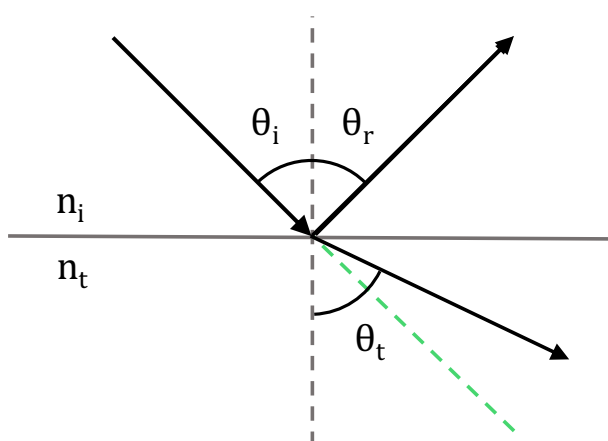
A onda refletida tem um ângulo de reflexão igual ao de incidência

$$\theta_i = \theta_r$$

e a onda transmitida tem um ângulo de transmissão, θ_t que depende da velocidade de propagação das ondas nos meios e que é descrito pela lei de Snell-Descartes

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$

onde n_i e n_t são os índices de refração dos dois meios



A este fenómeno de alteração da direção de propagação na mudança de meio chama-se refração (e por isso à onda transmitida também se chama muitas vezes onda refratada).

Nestas experiências utiliza-se um laser e uma placa de acrílico para desenhar em papel as trajetórias dos raios de luz incidentes, refletidos e transmitidos para vários ângulos de incidência. A lei de Snell-Descartes é utilizada para determinar o índice de refração do acrílico.

Numa última experiência, recorre-se a objetos do dia-a-dia para alargar a compreensão do fenómeno da refração.

EXPERIÊNCIAS

7.1 - Leis da reflexão e da refração da luz.

7.2 - Interpretar a experiência da moeda na tija.

PRECEDÊNCIAS

7.1 – nenhuma

7.2 – 7.1

MATERIAL

- Bloco de acrílico trapezoidal; 🎨
- Laser; 🎨
- Plasticina; 🎨
- Fita-cola; 🎨
- Folhas de papel branco;
- Régua e esquadro; 🎨
- Transferidor; 🎨
- Tija opaca;
- Moeda;
- Um colega com um copo com água que encha a tija.

PROCEDIMENTO

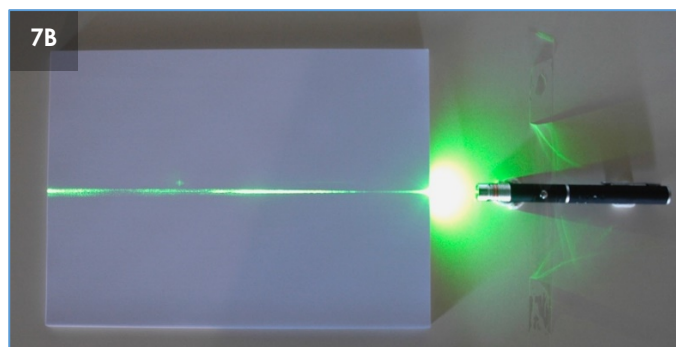
EXPERIÊNCIA 7.1 – Verificar as leis da reflexão e da refração

PARTE 7.1.1 - Medir a relação entre os ângulos de incidência e de reflexão

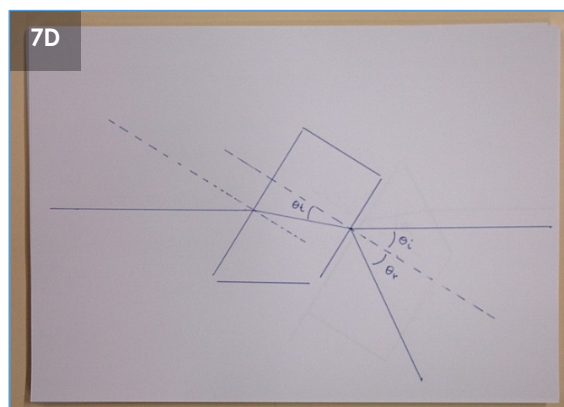
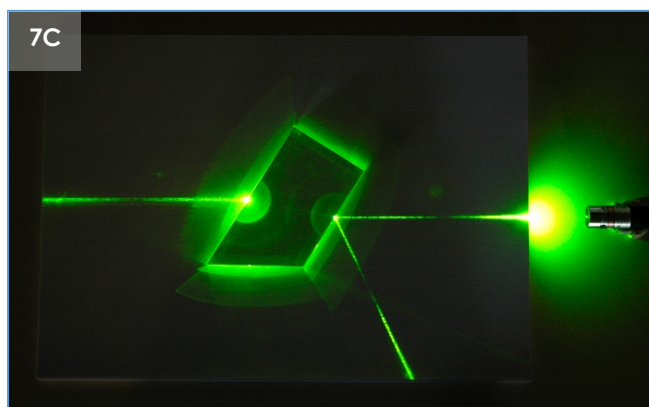
1. Coloca-se o laser horizontalmente em cima da mesa fixado com dois pedaços de plasticina (a cerca de 2 cm das extremidades) e o botão virado para cima.

2. Coloca-se um pedaço de fita-cola colado à mesa que passe por cima do botão do laser e permita mantê-lo ligado sempre que necessário (Fig.7A).

3. Usa-se um molho de folhas com uma altura tal que permita ver o raio de luz do laser como um risco na folha de cima; as folhas devem ser colocadas com a sua maior dimensão paralela ao laser (Fig.7B).



4. Pousa-se o acrílico em cima do molho de folhas e faz-se a luz do laser incidir, com um ângulo à escolha, na mais curta das faces paralelas do acrílico e sair pela outra face (Fig. 7C).
5. Marcam-se no papel as superfícies do bloco de acrílico e os pontos importantes para traçar todos os raios visíveis na superfície do papel: por cada um dos raios marca-se o ponto de entrada/saída no acrílico e outro ponto afastado que o permita desenhar.
6. Desenham-se os raios e com a régua e o esquadro, marcam-se as perpendiculares à superfície do acrílico nos pontos de entrada e saída dos raios (Fig. 7D).



7. Repete-se 4 vezes, noutras folhas, o procedimento anteriormente descrito com ângulos de incidência diferentes.
8. Para cada uma das folhas de resultados medem-se com o transferidor os ângulos de incidência e de reflexão dos raios no ar e verificam-se que são iguais.

PARTE 7.1.2: Medir o índice de refração de um acrílico a partir da lei de Snell-Descartes

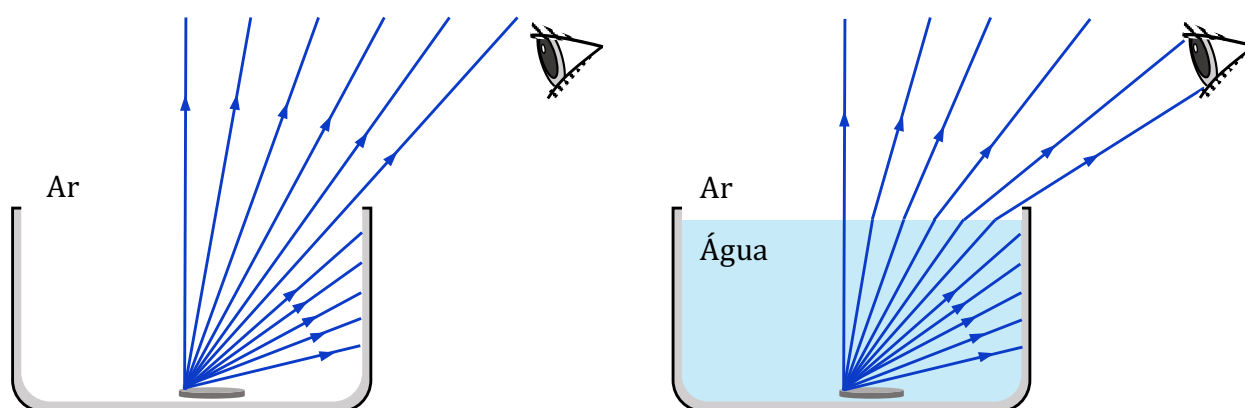
9. Para cada uma das folhas de resultados medem-se com o transferidor os ângulos de incidência no ar e de transmissão no interior do acrílico.
10. Calculam-se os senos dos ângulos e determina-se o índice de refração do acrílico assumindo que $n_i = 1$.
11. Determina-se o valor médio dos índices de refração calculados para cada teste.

PARTE 7.1.3: Medir o ângulo de transmissão numa lâmina de faces paralelas

12. Para cada uma das folhas de resultados medem-se com o transferidor os ângulos de transmissão no ar, depois de atravessar o acrílico.
13. Compare os ângulos. Que pode concluir?

EXPERIÊNCIA 7.2 - Interpretar o aparecimento da moeda

1. Coloca-se uma moeda no fundo da tijela presa com um pedacinho de plasticina.
2. O observador recua muito lentamente até deixar de ver a moeda no fundo da tijela (convém reconfirmar essa posição aproximando-se e afastando-se de novo muito ligeiramente da tijela).
3. Com o observador imóvel, o colega enche a tijela com água; o observador volta a ver a moeda; interpreta-se a experiência à luz da lei da refração (raios de luz provenientes da moeda que não chegavam aos olhos do observador passam a chegar em virtude de se tornarem mais horizontais ao sair da tijela).



4. Caso se pretenda visualizar melhor o que se passa com os raios de luz que chegam aos olhos do observador, esvazia-se a tijela e usa-se o laser da seguinte forma:
 - O observador volta a colocar-se na posição em que deixa de ver a moeda; coloca o laser por cima da orelha e ao nível dos olhos (como uma haste de uns óculos);
 - O observador experimenta pequenas oscilações do laser e o grupo verifica que a luz do laser nunca bate na moeda pois quando consegue passar tangente à borda da tijela bate no fundo, para lá da moeda;

Fixando essa posição do laser vai-se enchendo a tijela com água; observa-se que a luz do laser no fundo da taça vai recuando para o centro da tijela acabando por incidir sobre a moeda; nesse momento o observador começa a ver a moeda.

RESULTADOS ESPERADOS e CONCLUSÕES

EXPERIÊNCIA 7.1

**Tabela 5 – Experiência 7.1
(valores dos ângulos medidos)**

θ_i (°)	θ_r (°)	θ_t (°)	$\theta_{saída}$ (°)	n
68	68	40	72	1,44
51	51	31	50	1,51
43	46	28	41	1,45
17	17	12	18	1,41
31	35	23	32	1,32
$\bar{n}_{acrílico}$				1,43

PARTE 7.1.1

Verifica-se que os ângulos de incidência e de reflexão são aproximadamente iguais (Tabela 1), obtendo-se por vezes pequenos desvios (inferiores a 5°) devido à incerteza experimental associada ao traçado dos raios (visibilidade do laser, precisão na marcação dos pontos sobre o laser e afastamento relativo entre os mesmos, valor dos ângulos escolhidos).

PARTE 7.1.2

Usando a Lei de Snell-Descartes $n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$, calculou-se o índice de refração n_t para cada uma das folhas, com $n_i = 1$ (última coluna da Tabela 1).

$$n_t = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} n_i = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t}$$

Obtém-se um valor médio $\bar{n}_{acrílico} = 1,43$.

PARTE 7.1.3

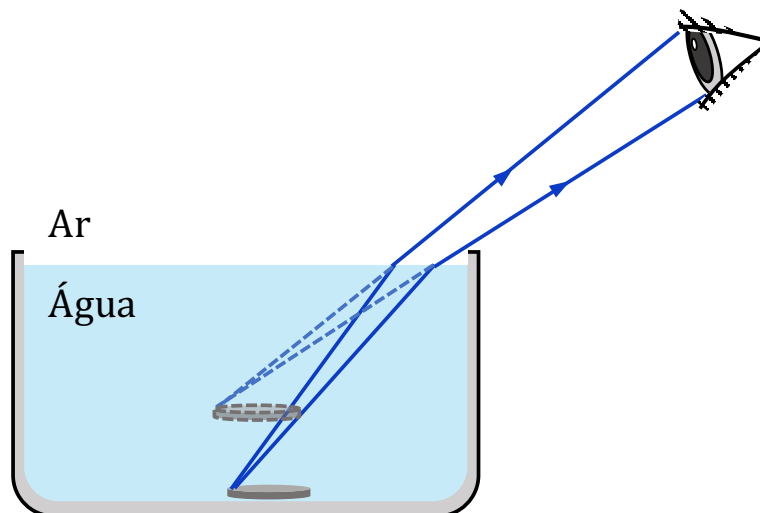
Na Tabela 1, o ângulo de transmissão para o ar chama-se $\theta_{saída}$ (ângulo de saída). Os ângulos de incidência θ_i , e de transmissão $\theta_{saída}$, são aproximadamente iguais (observam-se pequenos desvios que se devem a erros experimentais). Isto acontece porque o raio sofre duas refrações: primeiro do ar para o acrílico à entrada e depois do acrílico para o ar à saída. Em superfícies paralelas, o ângulo de transmissão na primeira refração é o mesmo que o ângulo de incidência na segunda refração, pelo que

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t = n_i \sin \theta_{saída} \quad \Rightarrow \quad \sin \theta_i = \sin \theta_{saída}$$

EXPERIÊNCIA 7.2

Quando enchemos a taça com água, os raios de luz que partem da moeda são refratados na transição entre meios – da água para o ar ($n_{água} > n_{ar}$). Como vimos na experiência 7.1, o ângulo

é maior no meio com menor índice de refração. Portanto, o raio transmitido para o ar aproxima-se da superfície da água e passa por cima da lateral da taça, chegando aos nossos olhos. Como o nosso cérebro está "programado" para interpretar um mundo em que os raios de luz viajam em linha reta, dá-nos a sensação de que a moeda subiu, estando a flutuar. É interessante discutir este efeito com os alunos e convidá-los a verificar que a moeda continua colada ao fundo com a plasticina.



NOTAS EXPERIMENTAIS

No ponto 6, deve prolongar-se os raios traçados tanto quanto possível para a medição com o transferidor. Os pontos utilizados para traçar cada um dos raios devem estar tão afastados quando possível, de forma a diminuir o erro experimental associado ao desenho.

De forma a diminuir os erros na medição dos ângulos é importante conseguir observar-se os raios laser tão finos quanto possível e marcar os pontos de referência de cada raio de forma precisa e tão longe quanto possível um do outro.

NOTAS PEDAGÓGICAS

- Para interpretar a experiência 7.2 é importante compreender não só o fenómeno da refração como o modo como observamos o mundo que nos rodeia: vemos os objetos porque a luz que refletem ou que emitem se propaga até aos nossos olhos.
- As experiências propostas podem ser realizadas em dois níveis distintos: quantitativo ou qualitativo para faixas etárias mais baixas. Numa abordagem qualitativa, verifica-se apenas graficamente as relações entre os ângulos (igual, menor ou maior).
- É importante lembrar aos alunos que os ângulos de incidência, reflexão e transmissão se definem entre o raio e a normal à superfície de separação entre os meios.