

Reflexão e refração da luz

4

META:

Realizar um experimento para verificar as leis de reflexão e refração da luz.

OBJETIVOS:

Ao fim da aula os alunos deverão ser capazes de:

Entender o comportamento de um feixe luminoso quando refletido e quando refratado em diversos tipos de superfícies, de diferentes objetos.

Determinar as relações entre os ângulos de reflexão e de refração com o ângulo de incidência.

PRÉ-REQUISITOS

Ter a experiência montada.

4.1 Introdução

A percepção que temos das coisas que nos cercam é transmitida, principalmente, através da visão. Os nossos olhos são sensíveis à luz que provém dos objetos, seja ela por eles emitida ou refletida. A luz, a exemplo das microondas, das ondas de rádio, dos raios X, são ondas eletromagnéticas e, como toda propagação ondulatória, também pode sofrer reflexão e refração quando, ao propagar-se, encontra a interface de dois meios diferentes. Ao atingir a interface a luz pode mudar de direção, com uma parte do feixe ainda propagando-se no meio original, feixe refletido, e outra que passa a propagar-se no segundo meio, feixe refratado. Na reflexão, o ângulo formado entre a direção do feixe refletido e a normal à superfície no ponto de incidência, θ'_1 , é igual ao ângulo entre o feixe incidente e a mesma normal θ_1 , ou seja $\theta'_1 = \theta_1$, como ilustrado na (**Fig. 4.2**). Quanto ao feixe refratado, existe uma relação constante, para cada comprimento de onda, entre os senos dos ângulos de incidência θ_1 e de refração θ_2 , este também medido em relação à normal à superfície no ponto de incidência, ou seja:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_{21} \quad (4.31)$$

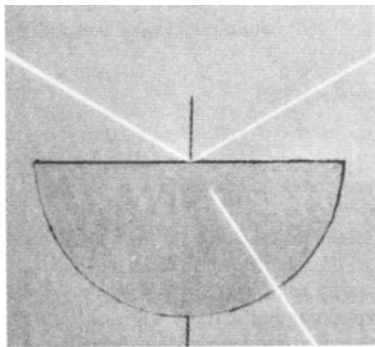
onde n_{21} denominado de índice de refração do meio 2 relativo ao meio 1. A expressão (4.31) é conhecida por lei de Snell. O índice de refração relativo entre dois meios está também relacionado com as velocidades de propagação da luz em cada um dos meios através da expressão:

$$n_{21} = \frac{v_2}{v_1} \quad (4.32)$$

Considerando-se o vácuo como o meio em relação ao qual é deter-

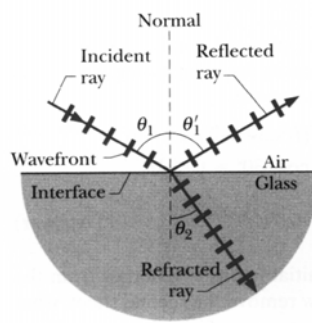
Biografia

Willebrord van Roijen Snell, Matemático germânico nascido em Leiden, hoje na Holanda, descobridor da lei de refração da luz e criador da geodésia. Sua mais conhecida descoberta foi a lei da refração (1621), base da ótica moderna, embora não a tenha publicado, só se tornando conhecida com a publicação de Huygens, Snell's result in Dioptrica (1703).



(a)

Figura 4.1: Na superfície plana do vidro vemos o feixe de luz incidente e o refratado. Na superfície circular, perpendicular ao feixe, a nova refração não dobra o feixe.



(b)

Figura 4.2: A representação da foto ao lado com a interface ar-vidro. O ângulo de incidência θ_1 o ângulo de reflexão θ'_1 e o ângulo de refração θ_2 .

minado o índice de refração, define-se o índice de refração absoluto de um meio como sendo:

$$n = \frac{c}{v} \quad (4.33)$$

onde $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade de propagação da luz no meio cujo índice de refração absoluto é n . Desse modo, o índice de refração relativo entre dois meios quaisquer será, simplesmente, a razão entre seus índices de refração absolutos:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4.34)$$

Quando $n_2 > n_1$ diz-se que o meio 2 é mais refringente que o meio 1, portanto $n_{21} > 1$ e, pela expressão (4.31) vê-se que, $\sin \theta_1 > \sin \theta_2$ e o raio refratado deve se aproximar da reta nor-

mal para ângulo de incidência não nulo. Por outro lado, quando o meio 1 é mais refringente que o meio 2, o raio refratado deve afastar-se da reta normal. É o que ocorre, por exemplo, com raio luminoso saindo da água para o ar. Neste caso, haverá um determinado ângulo de incidência crítico, θ_{cri} , que produzirá um raio refratado formando um ângulo máximo, de 90^0 e, para ângulos de incidência maiores que θ_{cri} não haverá raio refratado, mas somente refletido, ocorrendo a denominada reflexão total da luz incidente. Este ângulo crítico pode ser obtido fazendo-se $\theta_2 = 90^0$ na expressão (4.31):

$$\frac{\sin \theta_{cri}}{\sin 90^0} = n_{21} \Rightarrow \theta_{cri} = \sin^{-1}(n_{21}) \quad (4.35)$$

É importante reafirmar que as considerações sobre a refração foram feitas para um feixe luminoso monocromático, ou seja, composto por apenas uma cor, portanto, um único comprimento de onda. Se o feixe for policromático, os resultados continuam válidos separadamente para cada cor e o índice de refração não é mais único, mas é uma função do comprimento de onda. É importante dizer que as leis da reflexão e refração valem para qualquer tipo de onda.

4.2 Material

Disco graduado, espelhos plano e cilíndrico, trapézio de acrílico, semi-cilindro de acrílico, prisma de acrílico, lentes de acrílico, fonte luminosa e sua alimentação, fenda retangular simples e múltipla, banco óptico, suportes móveis de banco óptico.

4.3 Procedimento Experimental

1. Monte o disco graduado com sua superfície na horizontal.
2. Ligue a fonte de luz na sua alimentação e instale-a, com a fenda simples, de modo a desenhar o percurso do feixe luminoso sobre o disco.
3. Ajuste a fonte luminosa de modo a obter um feixe bem estreito e nítido. O feixe deve passar pelo centro do disco.

1ª parte: Reflexão

4. Posicione o espelho plano bem no centro do disco graduado e faça incidir a luz sobre sua superfície. Varie o ângulo de incidência e determine o ângulo de reflexão correspondente. Anote os valores de pelo menos 9 determinações.

Tabela 1.

θ_i									
θ_i'									

5. Posicione o espelho convexo bem no centro do disco e varie novamente o ângulo de incidência do feixe e observe e anote o que ocorre com o feixe refletido. Em seguida faça o mesmo usando o espelho côncavo.

6. Substitua a fenda simples pela fenda múltipla. Ajuste novamente o conjunto fenda-luz de forma a obter feixes aproximadamente paralelos e que incidam com um ângulo de zero grau no espelho côncavo, e depois no convexo. Verifique o que ocorre com os raios refletidos. Faça esboços de suas observações.

Questão

Se você substituir o espelho por um pedaço de papel branco o que acontece em relação à reflexão obtida com o espelho plano? Experimente!

2ª parte: Refração

7. Troque o espelho pelo acrílico em forma de trapézio e a fenda múltipla pela simples. Faça incidência de zero grau em um dos lados paralelos do trapézio e observe o trajeto do raio luminoso.
8. Varie o ângulo de incidência e observe o que ocorre com o trajeto do raio luminoso. Procure identificar os raios refletidos e refratados.
9. Posicione o semi-cilindro de acrílico com a face plana alinhada com a guia que passa pelo centro do disco. Incida o feixe na superfície circular e varie o ângulo de incidência. Observe o trajeto do feixe, identificando onde ele é desviado, e anote na tabela 2 o ângulo de refração para vários ângulos de incidência.

Tabela 2.

θ_1									
θ_2									

10. Determine o ângulo crítico de incidência para o qual é obtida a reflexão total na superfície plana do semi-cilindro de acrílico.
11. Troque o acrílico semi-cilindrico pelo de formato de lente biconvexa e a fenda única pela múltipla. Ajuste novamente o conjunto fenda-luz de forma a obter um conjunto de feixes paralelos. Observe o trajeto dos raios após atravessar a lente. Faça um esboço do observado.
12. Repita o procedimento anterior com a lente bicôncava.

4.4 Análise dos dados

1. Faça um gráfico dos ângulos de incidência contra os ângulos de reflexão medidos no espelho plano e determine a relação entre eles. Qual lei é inferida?
2. Relate e explique as observações feitas na realização dos itens 5, 6. Anexe, como ilustração, esboços das observações.
3. Defina foco de um espelho cilíndrico, distinguindo, foco objeto de foco imagem e foco real de virtual.
4. Relate e explique as observações feitas na realização dos itens 7 a 12. Anexe, como ilustração, esboços das observações.
5. Faça um gráfico do seno do ângulo de incidência versus o seno do ângulo de refração e determine a relação entre eles. Determine, a partir do gráfico, o índice de refração relativo entre o ar e o acrílico. Qual lei é inferida?
6. Utilizando o valor experimental do ângulo crítico obtido, calcule o índice de refração relativo entre o ar e o acrílico. Compare com o resultado anterior.
7. Qual a importância do formato da peça de acrílico, e seu posicionamento relativo ao percurso da luz, na realização dos itens 9 e 10?

4.5 Conclusão

Caro aluno, na análise dos dados, você deve procurar usar os métodos apresentados no capítulo 1 para a construção de gráficos. Nas discussões, procure apontar possíveis fontes de erro no experimento e tente propor mudanças no experimento. Quer uma dica,



porque não usar laser como fonte de luz? O que mudaria?

RESUMO

Nesta quarta aula você verificou como funciona a reflexão e refração da luz. Verificou que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão e que a lei da refração relaciona os ângulos de incidência e refração com os índices de refração dos materiais. Verificou também que um feixe que refrata para um meio menos refringente pode sofrer reflexão total quando o ângulo de incidência é superior ao ângulo crítico. Este fenômeno é a base de funcionamento das fibras ópticas.



PRÓXIMA AULA

Em nossa próxima aula iremos estudar os fenômenos da interferência e polarização da luz.



ATIVIDADES

Deixamos como atividades as seguintes tarefas:

ATIV. 4.1. Defina foco de uma lente, distinguindo, foco objeto de foco imagem e foco real de virtual.

ATIV. 4.2. Discuta a refração em um meio não-homogêneo. O que ocasiona as miragens?

LEITURA COMPLEMENTAR

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis W.; ZEMANSKY, Mark W. Física. 10^a São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005. v.2 e v.3



HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 7^a Rio de Janeiro: LTC, 2006. v.2 e v.4

TIPLER, Paul A. Física para cientistas e engenheiro. 3^a Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1995. v.2, v.3 e v.4

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. Física: um curso universitário. 2^a rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. v.1 e v.2