
Determinação de valores de índices de refração de sólidos e líquidos: uma atividade prática para abordar assuntos de óptica geométrica

Mário Castro Brito, Ronaldo Pereira de Melo Júnior

Colégio Militar do Recife, Recife, PE.

Resumo

A proposta deste trabalho contempla a adequação dos parâmetros da grade curricular da Física para o 2º ano do Ensino Médio ao ensino por habilidades e competências. A formatação desenvolvida partiu de uma atividade experimental, buscando o contato sensitivo, para uma construção teórica dedutiva. O objetivo da atividade foi promover o conhecimento da lei de Snell-Descartes através da experimentação com o uso de recursos simples. Inicialmente, houve uma explanação teórica sobre as leis da reflexão na óptica geométrica, culminando com o próprio aluno encontrando os índices de refração dos materiais e compreendendo os processos envolvidos na refração da luz. Os resultados percentuais foram bastante satisfatórios na comparação com o processo comumente desenvolvido nas aulas, nas quais o conteúdo curricular de Física é apresentado de maneira unicamente expositiva.

Palavras-chave: Ensino por habilidades e competências, Atividade experimental, Lei de Snell-Descartes.

Abstract

Determination of refractive index values of solid and liquid: a practical activity of geometrical optics. This work shows a proposal to suit teaching by abilities and competencies and is supported on the school physics discipline contents in the 2nd year of high school in Brazil. An experimental activity was introduced to motivate the deduction of Snell-Descartes Law of light refraction. It was started with a theoretical explanation of reflection laws and geometrical optics, without focusing attention on refraction effects. After these theoretical concepts were showed, it was done the guided experimental activity. The results indicated most of the students had found the value of refractive index in the proposed materials. This result indicates that effective students' participation in classes, and not purely expositive classes, is quite satisfactory for the cognitive development of skills in Physics.

Keywords: *teaching by abilities and competencies, experimental activity, Snell-Descartes Law.*

1. Introdução

Com o foco no ensino por competências e habilidades, atualmente há um grande esforço dos professores de Física em buscar maneiras simples de contextualizar conceitos científicos. Um dos

temas que certamente permitem esta abordagem relaciona-se aos estudos da interação da luz com a matéria, já que espelhos e lentes são objetos comuns do dia a dia. Por outro lado, também é importante tornar as aulas mais dinâmicas, levando os discentes a uma maior participação no intuito de facilitar o

seu aprendizado.

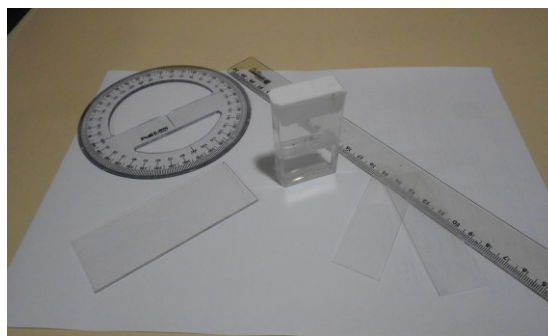
Neste artigo, apresenta-se uma proposta para o estudo do fenômeno da refração, que busca, ao mesmo tempo, tornar a aula dinâmica e desafiadora para os alunos. O objetivo é que eles possam entender que o fenômeno de desvio da luz, ao passar de um meio para outro, é natural e acontece tanto em sólidos quanto em líquidos. Além disso, os alunos podem propor a dependência entre os ângulos de incidência e o transmitido, e ainda obter a expressão da Lei de Snell a partir de experimentos simples.

A proposta não se resume à atividade experimental em si, na verdade, pode-se entender como parte de um processo de três etapas. Primeiramente, uma aula a respeito de conceitos trazidos pelos alunos e fenômeno de reflexão, incluindo teoria e uma demonstração. Em seguida, a atividade experimental realizada em três tempos de aula. No primeiro tempo de aula, realiza-se um treinamento básico de realização de medidas e, nos dois seguintes, a atividade experimental propriamente dita. Como etapa final, uma aula abordando os resultados e apresentando o conceito da teoria ondulatória da luz, com destaque para a teoria de Huygens. Essa atividade, em sua totalidade, põe em prática o conceito de aprendizagem em “espiral”, corroborando com o proposto por *Sandoval e Salinas de Sandoval, 1990*.

Esta proposta foi elaborada e colocada em prática com alunos do 2º Ano do Ensino Médio do Colégio Militar do Recife, onde se destaca o ensino contextualizado como parte de sua proposta pedagógica (*Proposta pedagógica – CMR*). No total, participaram desta atividade de 142 alunos, compondo quatro turmas. Optou-se por utilizar materiais de baixo custo e de fácil aquisição por todos os alunos (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**): régua, compasso, transferidor, apontador laser e um pequeno recipiente transparente de plástico (no caso, utilizou-se a caixinha das balas TicTac®). Abordar conceitos físicos utilizando-se de recursos simples e de fácil aquisição é uma ideia recorrente nas demonstrações em sala de aula. Várias experiências de sucesso são encontradas na literatura científica, como proposto por *Catelli e Vicenzi, 2002*, quando propõem uma adequação de um laser apontador para práticas que

exijam maior tempo de exposição.

Figura 1: material utilizado na atividade experimental.



2. Materiais e métodos

2.1 Conceitos prévios

Em aulas anteriores à atividade experimental propriamente dita, foram apresentados os princípios do fenômeno da reflexão: 1º) o raio refletido está no mesmo plano do incidente, e 2º) o ângulo de incidência é o mesmo que o refletido, em relação à normal. O professor utilizou a técnica de tempestade de ideias no sentido de motivar os alunos com perguntas “O que você entende por espelho?”; “e lente?”; “Que usos você conhece para esses equipamentos?”. Nessa oportunidade, o professor fez uma demonstração, utilizando-se da luz de um apontador laser, régua e transferidor, medindo a relação entre os ângulos incidente e refletido no quadro, com o auxílio de um aluno voluntário.

Como preparativo para a atividade experimental, um tempo de aula antes desta, os alunos realizaram um treinamento para acostumar-se com o uso dos materiais. Também porque os alunos não estavam acostumados a fazer medidas experimentais. Nessa oportunidade, o professor separou a turma em grupos pequenos, com quatro ou cinco alunos, de forma que o excesso de interatividade proporcionada por grandes grupos não dificultasse o controle da atividade. A cada grupo, foi fornecida uma pequena placa plástica rígida de PET, e o professor explicou para todos os alunos como determinar a normal e como medir os ângulos com a ajuda do transferidor. Durante essa atividade, o professor solicitou que cada grupo realizasse algumas medidas de ângulos de incidência, refletido

e transmitido. Também foi preciso orientar a execução da tarefa assistindo cada grupo em particular, fazendo correções e retirando dúvidas quando necessário. Nesta oportunidade, também foram revisados os conceitos de ângulo, grau, seno, cosseno e suas medidas, com o auxílio do transferidor. Um detalhe precisa ser levado em conta: apenas o *fenômeno* do desvio do raio luminoso foi mostrado aos alunos, não foi realizado nenhum cálculo ou abordagem sobre leis de refração, para não influenciar nos resultados esperados na execução da atividade propriamente dita.

2.2 Atividade Experimental

Os grupos da aula de treinamento foram mantidos, e a cada grupo foi solicitada uma série de tarefas orientadas. Em termos gerais, a atividade consistia em fazer um raio laser atravessar um bloco de um material sólido e, em outra situação, o raio laser deveria atravessar um frasco transparente com um líquido no interior.

Ao incidir sobre os diferentes materiais, o raio teria uma parcela refratada e outra refletida. O ângulo de refração e reflexão poderia ser medido usando um transferidor acoplado ao experimento, como na aula de treinamento.

O aluno deveria encontrar valores de ângulo e, consequentemente, respectivos senos e cossenos, dos raios refletidos e refratados visualizados nos materiais fornecidos. A partir deste ponto, confrontar os valores encontrados com os de uma tabela e então identificar qual o tipo de material estava presente nas amostras em que o raio laser estava refletindo e refratando.

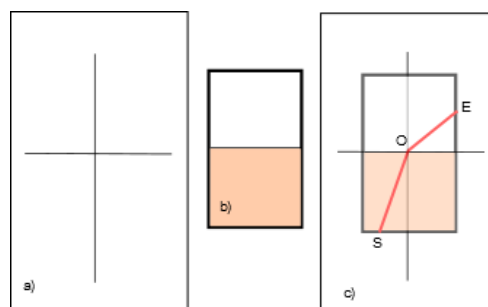
Cada grupo recebeu um pedaço retangular de PET (politereftalato de etileno) ou uma lâmina de microscópio (de vidro), um frasco transparente com um líquido (que poderia ser água ou óleo mineral¹) e um caderno com orientações para o desenvolvimento do experimento e resolução de questões (ver Anexo). Por sua vez, pelo menos um a cada dois alunos trouxe o apontador laser, o transferidor e a régua. Não foram informados aos alunos que materiais eles haviam recebido, pois a realização da atividade incluía a determinação do material a partir do experimento. Antes do início da atividade, foi oportuna uma revisão teórica sintética, nos moldes da aula de treinamento, e uma

apresentação dos cuidados necessários ao uso do material sensível. Para o preenchimento das tabelas, os alunos foram orientados a usarem três algarismos significativos. Desta forma, deveriam escolher a coluna de relação entre os ângulos cujos valores fossem os mais próximos possíveis.

Foram notáveis os aspectos passionais envolvidos; dúvida, apreensão, receio, empolgação durante o experimento, surgindo a necessidade da intervenção do professor para conter os ânimos dos mais exaltados. Também foi imprescindível a atuação diante dos grupos mais lentos no desenvolver da atividade, procurando assim um equilíbrio no transcurso do processo. Essa presença do professor era esperada, já que seria necessária a intervenção em todos os grupos, pois o contato com uma atividade eminentemente prática advinda de um contexto teórico causaria embaraço nos aspectos cognitivos dos alunos.

Notou-se alguma dificuldade dos alunos em medirem os ângulos no material líquido, pois o recipiente precisava ficar na posição vertical, para que o líquido não derramasse. Observando as soluções propostas, a melhor foi apresentada pelo grupo que colocou uma folha de papel apoiada na parede e encostou o recipiente com o líquido. Nesta folha, marcaram uma cruz, com a qual alinharam a superfície do líquido. Então fizeram o raio laser incidir no ponto marcado pela cruz (O), marcando, no papel, os pontos de entrada (E) e saída (S) do laser no recipiente. Em seguida, traçaram retas unindo os pontos ao centro da cruz e mediram os ângulos de incidência e transmitido (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 2: alternativa de medida dos ângulos de incidência Θ_i e de refração Θ_r . (a) folha de papel com uma cruz desenhada é apoiada na parede. (b) alinha-se o nível do líquido com o traço horizontal da cruz. (c) faz-se o raio laser incidir no ponto central O, marcando-se no papel os pontos E e S. A partir destes, pôde-se determinar os ângulos buscados.



¹ Utilizou-se óleo Nujol®, já que não haveria problemas de toxicidade caso ingerido acidentalmente.

3. Resultados e Discussão

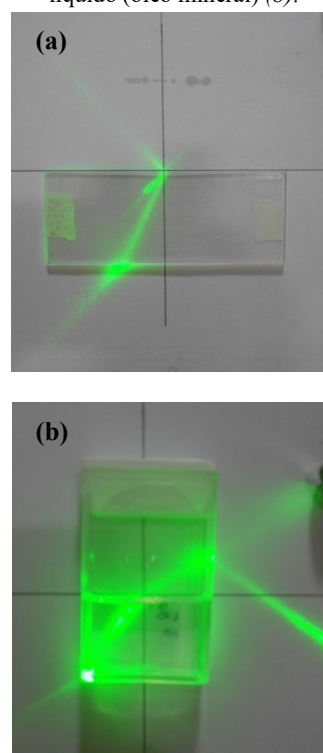
Como o experimento não possuía apenas um caráter formativo, mas também avaliativo, foram atribuídas notas aos trabalhos. Os valores objetivavam quantificar os grupos quanto ao aprendizado do conteúdo apresentado na aula teórica, organização de procedimentos, divisão de tarefas, participação de todos e respostas às indagações da folha de tarefas.

Foi notada a facilidade de se conseguir a identificação do ângulo de reflexão e refração no material sólido. Isso era esperado por conta da facilidade de visualização do caminho de feixe de laser num material sólido homogêneo. Oitenta por cento dos grupos encontraram os referidos ângulos e conseguiram relacionar aos valores referentes ao PET ou ao vidro na tabela dos materiais (tabela 3 do “*Caderno com orientações para o desenvolvimento do experimento e resolução de questões*” disponível no Anexo). Já para o líquido o resultado dos alunos que obtiveram sucesso na avaliação dos ângulos foi da ordem de cinquenta por cento dos grupos. Este aspecto dificultou a identificação do tipo de líquido contido no frasco. Este contexto também era previsto, pois esta medida implica um grau de dificuldade maior no tocante à medida da angulação dos raios refletidos e refratados nos líquidos. Isso foi corroborado pela inexperiência dos alunos em medidas práticas, tornando, assim, acentuado o erro de paralaxe. Nesta oportunidade, o professor fez menção a respeito dos erros experimentais, fator inseparável das medidas em laboratório. A Figura 3 apresenta fotografias do experimento no PET e no líquido.

Ao utilizar os valores geométricos encontrados na fórmula de Snell-Descartes para identificar o tipo de material na tabela fornecida, o aluno passa a compreender os aspectos de reflexão e refração sob um ponto de vista prático, não apenas de uma maneira abstrata, fruto de uma ciência distante dos seus sentidos.

O direcionamento proporcionado pelo professor resultou em que oitenta por cento dos grupos conseguissem chegar ao resultado esperado, ou seja, encontrar os índices de reflexão e refração do meio e o material empregado no experimento.

Figura 3: Fotografias dos experimentos no PET (a) e no líquido (óleo mineral) (b).



Os alunos que, porventura, demonstraram falta de interesse pelo processo foram aqueles que, obviamente, não conseguiram entender alguma parcela da atividade. Como estes ficaram num percentual menor que dez por cento, não desqualificam o processo, apenas fomentam a ideia de se buscar novas formas de apresentação da atividade.

Em continuação, na aula subsequente, foram discutidos os resultados gerais e mostrado que o desvio da luz, ao passar de um meio para outro, é um fenômeno natural. Destacou-se que, assim como na reflexão, há uma relação entre os ângulos de incidência e o refletido. Espera-se que também haja uma relação entre os ângulos de incidência e o transmitido na refração. Assim, a lei de Snell foi muito mais bem entendida pelos discentes, já que puderam por si mesmos, encontrar sua expressão. Dessa forma, pôde-se definir o índice de refração dos meios em relação ao vácuo, aproveitando-se para introduzir o conceito da velocidade da luz no meio e no vácuo. Também, nesta aula subsequente, foram apresentados os conceitos de frente de onda e

princípios de Huygens, tendo em vista fazer uma ligação entre esse assunto e o de ondas, que viria a seguir, de acordo com a programação curricular.

4. Considerações finais

Os aspectos cognitivos ligados à sensação e percepção são fundamentais para a construção do conhecimento. Isso foi evidenciado pelo grau de aprendizado que as turmas demonstraram após a realização do experimento. O conteúdo teórico não se apresentou de forma etérea, tornando-se enfadonho, mas de maneira sólida, afirmativa diante dos sentidos dos alunos. Notaram-se soluções criativas, discussões pertinentes e grande interesse dos alunos.

Os resultados encontrados pelos alunos nos seus experimentos foram positivos, já que a maioria absoluta conseguiu chegar à expressão da lei de Snell e entendeu o conceito empírico de índice de refração. Mesmo para as medidas com o material líquido, experimento mais difícil, pode-se observar a dedicação e interesse dos alunos em encontrar um resultado plausível.

Agradecimentos

Renan Freitas e Emanuel Rodrigues pela revisão textual.

Referências

SANDOVAL, J. D.; SALINAS DE SANDOVAL, J. **Ótica Geométrica**: introdução ao estudo da interação da luz com a matéria. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v.7, n.1, p.21-30, abr. 1990.

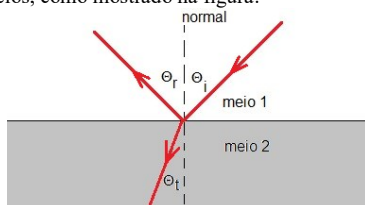
Proposta pedagógica - CMR, disponível em <http://www.cmr.ensino.eb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=5> Acesso em 09 set 2012.

CATELLI, Francisco; VICENZI, Sheila. **Laboratório Caseiro**: Transformando um laser de diodo para experimentos de ótica física, caderno brasileiro do ensino de física, Florianópolis, v.19, n.3, p. 393-406, dez. 2002.

Anexo: Caderno com orientações para o desenvolvimento do experimento e resolução de questões.

Em linhas gerais, quando a luz se propaga por um meio e atinge uma superfície que separa este de outro, ocorrem dois fenômenos. Um deles é o da REFRAÇÃO, relativo ao desvio que luz sofre quando passa de um meio para outro, como do ar para a água, por exemplo. O outro é o da REFLEXÃO, quando a luz volta para o meio onde se propagava.

Observações, já cientificamente estabelecidas, mostram que existe uma relação única entre os ângulos de incidência da luz (Θ_i), o de reflexão (Θ_r) e o de transmissão (Θ_t). Todos medidos a partir da normal à superfície que separa os dois meios, como mostrado na figura.



- 1) Complete as tabelas 1 (material sólido) e 2 (material líquido), realizando as medidas com o laser e o transferidor.
- 2) Determine as relações abaixo para cada material e identifique qual apresenta um parâmetro constante:

a) Θ_r / Θ_t b) $\cos\Theta_i / \cos\Theta_t$ c) $\sin\Theta_i / \sin\Theta_t$

Este parâmetro é conhecido como *índice de refração* (n) e é uma propriedade deste.

- 3) Baseado no valor calculado identifique na tabela 3 o material sólido e o líquido da sua atividade.

Tabela 1 (PLACA - material sólido)

medida	Θ_i	Θ_t	Θ_i / Θ_t	$\cos\Theta_i / \cos\Theta_t$	$\sin\Theta_i / \sin\Theta_t$
Med1	30°	17°			
Med2	45°	25°			
Med3					

Tabela 2 (material líquido)

medida	Θ_i	Θ_t	Θ_i / Θ_t	$\cos\Theta_i / \cos\Theta_t$	$\sin\Theta_i / \sin\Theta_t$
Med1					
Med2					
Med3					

Tabela 3 (valores de índice de refração para diversos materiais)

Material	Ar	Água	Glicerina	Óleo mineral	Álcool	Vidro	Acrílico	Polycarbonato	PET
Índice de refração	1,00	1,33	1,90	1,47	1,36	1,50	1,49	1,60	1,70

Fonte (www.colegioweb.com.br) acesso em 14/08/12)

*para ser mais correto, este número é o índice de refração relativo entre os dois meios.