

“Invisibilidade da garrafa” revisitada – proposta de reconceitualização de uma atividade experimental por meio da documentação fotográfica

(“Invisibility of a bottle” revisited – a reconceptualization proposal of an experimental activity through photographic documentation)

JAIR LÚCIO PRADOS RIBEIRO

Universidade de Brasília.

Resumo

Um artigo publicado há mais de uma década demonstrou que a razão da invisibilidade de uma garrafa de vidro quando mergulhada em glicerina é incorretamente descrita. Ainda hoje, entretanto, professores de física e estudantes desconhecem a explicação correta, e quando expostos ao artigo, podem desmerecê-lo pela ausência de fotografias, pois os autores usaram diagramas esquemáticos no trabalho original. É discutido o papel que as imagens possuem no aprendizado de ciências e a relevância didática que pode ser atribuída à documentação fotográfica de experimentos pelos próprios estudantes. O viés filosófico desta proposta é a reconceitualização do trabalho experimental, conforme descrita por Hodson. A atividade experimental foi proposta a estudantes de ensino médio, sendo fotografada para fins de contraste com os diagramas constantes no artigo revisitado.

Palavras-chave: refração, óptica, ensino, experimento.

More than a decade ago, it was published an article which shown that the reason for the invisibility of a glass bottle when immersed in glycerin is incorrectly described. Although, physics teachers and students are still unaware of the correct explanation, and when exposed to the article, they can debunk it because of the absence of photographs of it, since the authors only used schematics in the original work. It is discussed the role that images have in science learning and the didactic relevance that can be attributed to photographic documentation of experiments by the students themselves. The philosophical belief of this proposal is the reconceptualization of the experimental work, as described by Hodson. The experimental activity was proposed to high school students, and was photographed for purposes of contrast with the diagrams contained in the revisited article.

Keywords: refraction, optics, education, experiment.

1 Introdução

Há cerca de uma década, foi publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) o artigo “Invisibilidade da garrafa – a explicação correta” [1]. Ao longo de poucas páginas, os autores descreviam um experimento comum de desaparecimento de uma garrafa de vidro de pequenas dimensões, cheia de glicerina, quando imersa em um copo cilíndrico contendo o mesmo líquido. A costumeira explicação para esse fato é a potencial igualdade entre os índices de refração do vidro e da glicerina. Entretanto, tal explicação é mostrada como errônea pelos autores, os quais constroem sua argumentação a partir de sugestões de alteração do experimento (inclinação da garrafa, frascos maiores, entre outros). Os autores demonstram, a partir da análise da atividade experimental, que a real causa do desaparecimento é a refração nas paredes do copo cilíndrico, o qual funciona como uma lente convergente, conjugando uma imagem ampliada da garrafa maior que as bordas do frasco, sendo invisível para um observador externo.

Apesar da correta explicação sobre o fenômeno estar disponível na literatura acadêmica desde 2004, ainda hoje é possível verificar que a explicação errônea continua presente no cotidiano escolar. Citamos uma situação ocorrida na nossa prática pedagógica: um colega decidiu realizar esse mesmo experimento nas salas de aula do 2o ano do ensino médio, em uma escola particular de Brasília, na aula inicial sobre o tema da refração. O objetivo da atividade experimental seria discutir o conceito de índice de refração. Resolvemos então alertá-lo sobre a explicação correta constante no artigo supracitado, e fomos recebidos com descrença, não apenas por parte do colega citado, mas também por outros professores da disciplina.

Apresentamos então o artigo constante na versão digital do CBEF, e fomos confrontados com a seguinte resposta por parte de alguns colegas: apesar da explicação parecer correta, a ausência de fotos das variações propostas do experimento punha o mesmo em xeque, assim como o seu esclarecimento. Preocupação semelhante foi exposta por alguns de nossos estudantes, acostumados com a onipresença da representação fotográfica em redes sociais.

A explicação errônea para esse experimento não é apenas apresentada em salas de aula ou em diversos vídeos disponíveis na internet. Uma obra didática de física para o ensino médio traz a atividade experimental descrita como sugestão no estudo da refração [2], e a tradicional explicação desse fenômeno, em que se considera a igualdade entre os índices de refração como sua causa, pode ser deduzida a partir da leitura do texto [2]. É importante frisar que tal igualdade pode realmente produzir a invisibilidade, como representado na fig.1, que mostra o “desaparecimento” de esferas de hidrogel quando mergulhadas em água, fato que pode ter colaborado para sua citação nas obras mencionadas. Bastões de acrílico ou vidro também se tornam invisíveis quando mergulhados em tetracloretileno, e compõem o exemplo mais tradicional dessa igualdade, sendo citados em diversos livros-texto de ensino médio [3] [4] [5]. Nenhum dos livros didáticos revisados, entretanto, traz uma citação à possibilidade da invisibilidade ocorrer mesmo que a coincidência de índices refrativos não se verifique.

Pelo exposto, nos sentimos instigados a documentar em fotografias as variações de atividades propostas pelos autores do artigo, a fim de revisitarmos um trabalho

que continua relevante para o ensino de física, por apresentar para um experimento tão corriqueiro em sala de aula uma explicação com acurácia, em nível adequado ao ensino médio e, principalmente, conflitante com a explicação tradicional, permitindo uma discussão sobre os limites das obras didáticas e do saber professoral.

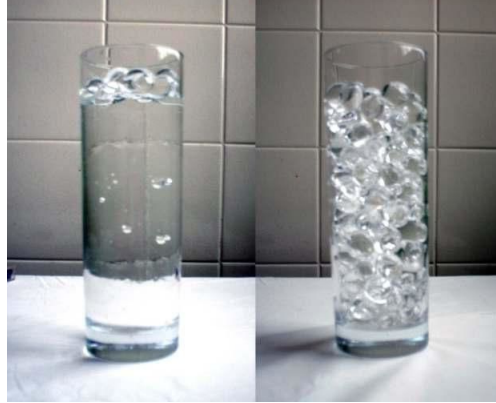


Figura 1: Esferas de hidrogel (à esquerda) desaparecem quando mergulhadas em água (à direita), devido à igualdade de índices de refração das esferas e do líquido.

2 Imagens no aprendizado de ciências

A representação por imagem é uma das diversas técnicas utilizadas em textos de ciência com vistas ao aprendizado do aluno [6], e sua integração com textos tem aumentado nas obras didáticas recentes [7] [8]. É possível observar que essa representação se altera com a tecnologia disponível: esquemas feitos à mão são encontrados até mesmo em manuscritos atribuídos a Euclides (fig.2). O livro “Opticks” [9], clássica obra de Isaac Newton do século XVIII, já representava a luz por diagramas e esquemas geométricos semelhantes aos usados ainda hoje em livros didáticos (fig.3).

O surgimento da fotografia no século XIX e sua evolução posterior permitiu a complementação dos esquemas ou diagramas tradicionais por uma representação mais “realista” do experimento. O avanço tecnológico permitiu uma dramática evolução na possibilidade de documentação de um resultado, mesmo advinda de um experimento simples. Assim, fotos em preto e branco de experimentos ou fenômenos naturais já permeavam os livros-texto e artigos de meados do século XX, e nas décadas recentes, a diversidade e qualidade das imagens fotográficas se ampliou ainda mais, especialmente após a popularização das máquinas digitais e da divulgação de fotos de alta resolução de forma digital. Obras de divulgação científica e periódicos acadêmicos passaram a contar com ilustrações de grande qualidade, contribuindo para a melhor compreensão do tema apresentado.



Figura 2: Fragmento de papiro mostrando um diagrama geométrico.

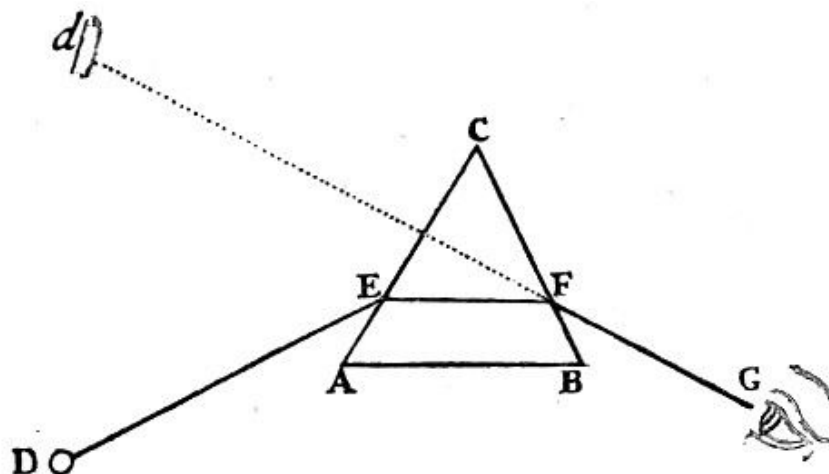


Figura 3: Representação da trajetória da luz em um prisma na obra “Opticks” [9].

Os estudantes tendem a compreender melhor diagramas com altos níveis de organização e quantidades significativas de informações [6], mesmo nas fases iniciais do ensino de ciências. É percebido, entretanto, que os estudantes não possuem total compreensão sobre a função de diagramas em textos científicos [6]. Nesse ponto, conjecturamos que a documentação fotográfica apresente uma vantagem, pois uma fotografia permite uma observação mais direta e realista do fenômeno, podendo a mesma ser transformada ainda em um infográfico, mantendo assim os padrões de organização e quantidade de informação valorizadas pelos estudantes nos diagramas pictóricos.

Um segundo autor [7] corrobora a afirmação do parágrafo anterior: apesar das

representações visuais serem essenciais na comunicação de ideias em aulas de ciência, nem sempre a elaboração de tais representações traz benefícios ao aprendizado, dependendo da habilidade individual e no conhecimento prévio do estudante. Daí a busca por ilustrações que tenham o objetivo reduzir o esforço cognitivo por parte dos aprendizes e possam maximizar o potencial das representações visuais [7]. O conteúdo a ser discutido, as características dos estudantes e a disponibilidade de recursos também devem ser levados em conta na escolha dos recursos de imagem utilizados na aprendizagem [8]. Pelo exposto, no ensino médio e fundamental, acreditamos que uma fotografia de um fenômeno possua maior potencial didático que um diagrama esquemático.

Embora o uso de imagens de melhor qualidade em aulas de ciência seja um avanço, é necessário que o professor seja capaz de reconhecer a função dos diferentes tipos de ilustração [10]. Assim, a opção por diagramas simples ou fotografias do próprio fenômeno traz benefícios e limitações. O artigo [11] descreve tais características, revelando que, em geral, a interpretação dos elementos representados em imagens (reais, esquemáticos ou simbólicos) não é simples para os alunos, sendo maior a necessidade de interferência do professor nesse esforço de interpretação em situações onde o fenômeno está representado por diagramas ou esquemas. Assim, a opção pela documentação fotográfica se fortalece, de preferência realizada pelos próprios aprendizes.

3 Reconceitualização da atividade experimental

Um trabalho de pesquisa em ensino de ciências não deve se furtar a apresentar o referencial pedagógico ou filosófico que norteou a pesquisa. Afinal, pode-se questionar sobre a finalidade didática advinda do ato de fotografar um experimento descrito em um trabalho anterior. Nesse aspecto, tomou-se como marco referencial o trabalho de Hodson [12] o qual apresenta razões significativas para o desenvolvimento de práticas experimentais com os alunos.

O autor propõe que as vantagens intuitivas, tais como a motivação dos estudantes e a melhoria da aprendizagem dos conhecimentos científicos, sempre creditadas pelos professores ao trabalho experimental, não são vistas da mesma forma pelos estudantes. Ao relativizar esse pressuposto, Hodson apresenta outras vantagens do trabalho experimental, a partir da reconceitualização das atividades experimentais.

O processo de reconceitualização do trabalho experimental consiste em incluí-lo em um projeto de ensino de ciências, priorizando a aprendizagem da ciência (o trabalho experimental colabora para as modificações do pensamento nos estudantes), a aprendizagem sobre a natureza da ciência (levar os alunos a perceber as fases principais da atividade científica) e a aprendizagem da prática da ciência (compreender como a ciência dá valor a uma investigação científica) [12].

O registro fotográfico de uma atividade experimental proposta ou descrita anteriormente por uma outra fonte se encaixa no processo de reconceitualização, por permitir aos estudantes comparar um esquema ou modelo pictórico com a situação real e levá-los a questionar o resultado, o qual nem sempre condizente com a situação descrita no experimento original. Tal atitude é típica da atividade científica: a capacidade de confirmação, crítica ou discordância de um trabalho anterior, e deve ser estimulada em sala de aula pelo docente.

4 A documentação fotográfica no CBEF

Não é admissível que a ausência de registro fotográfico *per se* contribua para uma menor relevância de um artigo. Entretanto, ao checarmos aleatoriamente as edições do CBEF entre os anos de 2000 a 2004, percebemos que a exibição de fotografias dos experimentos didáticos propostos nos artigos não era uma constante, provavelmente devido às limitações da documentação fotográfica (nesse período, a popularização das câmeras digitais e a diminuição de seus preços ainda estava no início) e impressão (fotos coloridas nem sempre fornecem bons resultados quando impressas em preto e branco).

Em novembro de 2004, mesmo ano de publicação do artigo que aqui revisitamos, houve uma edição especial do periódico, dedicada apenas à área da experimentação, com republicações de mais de quarenta trabalhos presentes em edições anteriores, utilizada como fonte primária para a revisão conduzida nesse trabalho, por considerar que o volume de artigos e a sua abrangência temporal qualificam tal amostra como representativa. Os textos constantes nessa coletânea foram publicados originalmente no CBEF entre 1984 e 2004.

Nessa edição especial do CBEF foram republicados quarenta e quatro artigos presentes, mas três deles lidavam com aspectos mais formais ou acadêmicos do trabalho experimental [13] [14] [15] e não foram incluídos. O esforço de revisão dos artigos restantes nos permitiu verificar se a presença de fotografias nos trabalhos publicados no periódico era tecnicamente inviável ou uma opção por parte dos autores.

Para facilitar a organização dos artigos revisados, resumimos os principais dados na tabela 1, a qual apresenta a inclusão de fotos em preto e branco (PB) ou coloridas (COL) no trabalho. Os textos foram organizados pelo ano de publicação original.¹

Pelos dados da tabela, percebe-se que mais da metade dos artigos (56,1%) não contém registros fotográficos da aparelhagem ou dos resultados do experimento. Uma outra parcela (36,5%) dos artigos exibe fotografias em preto e branco, enquanto apenas 7,4% dos trabalhos apresenta fotos coloridas, com destaque para o artigo [44], o qual traz um amplo registro visual dos experimentos propostos.

Convém registrar também que até os primeiros anos da década de 1990, as fotos constantes no CBEF possuíam baixa resolução, provavelmente pelos limitados e caros métodos de impressão então disponíveis (a versão digital do periódico não estava ainda disponível). Pode ser argumentado que esse fato levasse a um desestímulo por parte dos autores em considerarem a inserção de fotografias em seus trabalhos, preferindo esquemas pictóricos descritivos, de melhor visualização e maior qualidade de impressão.

¹Ao relacionarmos os trabalhos nas referências desse artigo (item 7), todos os artigos constantes na tabela foram referenciados apenas pela sua presença na edição especial revisada (2004).

| Artigo | Presença de fotografias | Ano |
|---------------|--------------------------------|------------|
| [16] | Não | 1984 |
| [17] | Sim (PB) | 1985 |
| [18] | Não | 1986 |
| [19] | Sim (PB) | 1987 |
| [20] | Não | 1988 |
| [21] | Não | 1990 |
| [22] | Não | 1990 |
| [23] | Sim (PB) | 1991 |
| [24] | Não | 1991 |
| [25] | Não | 1991 |
| [26] | Sim (PB) | 1991 |
| [27] | Não | 1991 |
| [28] | Não | 1992 |
| [29] | Sim (PB) | 1993 |
| [30] | Não | 1993 |
| [31] | Não | 1993 |
| [32] | Não | 1993 |
| [33] | Não | 1994 |
| [34] | Não | 1995 |
| [35] | Não | 1995 |
| [36] | Não | 1998 |
| [37] | Não | 1998 |
| [38] | Sim (PB) | 2000 |
| [39] | Sim (PB) | 2001 |
| [40] | Sim (PB) | 2001 |
| [41] | Não | 2001 |
| [42] | Sim (COL) | 2001 |
| [43] | Sim (PB) | 2001 |
| [44] | Sim (COL) | 2001 |
| [45] | Sim (PB) | 2002 |
| [46] | Não | 2002 |
| [47] | Não | 2002 |
| [48] | Sim (PB) | 2002 |
| [49] | Não | 2002 |
| [50] | Não | 2003 |
| [51] | Não | 2003 |
| [52] | Não | 2004 |
| [53] | Sim (PB) | 2004 |
| [54] | Sim (PB) | 2004 |
| [55] | Sim (COL) | 2004 |
| [56] | Sim (PB) | 2004 |

Figura 4: Presença de fotografias nos artigos, ordenados pelo ano de publicação.

5 Registro fotográfico do experimento revisitado

A partir da revisão conduzida, foi possível perceber que ainda antes do ano de publicação do artigo sobre a invisibilidade [1], já havia trabalhos com documentação por meio de fotografias, até mesmo coloridas. Assim, acreditamos que foi apenas uma opção dos autores em não registrar imagens dos experimentos, preferindo esquemas ilustrativos, ao invés de uma impossibilidade técnica. Daí a nossa preocupação em aprimorar tais esquemas a partir de fotos dos mesmos, visando à reconceitualização da atividade experimental.

Para os fins da pesquisa aqui descrita, escolhemos transformar a documentação fotográfica do fenômeno em uma atividade experimental para alunos de ensino médio: após uma apresentação prévia do artigo aos estudantes, ministrada pelo professor, foi proposto que os alunos buscassem reproduzir o experimento em uma aula posterior, no laboratório de física, em grupos de quatro ou cinco integrantes. As soluções apresentadas pelos grupos na aula experimental se diversificaram principalmente no tipo de frasco utilizado (garrafas, copos, cubas e prismas). Nas fotografias apresentadas (fig.4 a 7), é usada uma garrafa de molho de pimenta, dois copos de vidro comum e um pote de manteiga de vidro (análogo à cuba, fig.5). Nas figuras a seguir, estão mostradas as ilustrações esquemáticas originais, retiradas do trabalho revisitado [1]. Cada uma dessas imagens está acompanhada por fotografias do experimento recriado para esse trabalho², conforme parágrafo anterior.



Figura 5: A garrafa de vidro desaparece quando é imersa em um copo cilíndrico de menor diâmetro (centro), mas seu contorno se torna em copo de maior diâmetro (direita).



Figura 6: A inclinação da garrafa no interior dos dois copos de diferentes diâmetros torna o seu contorno visível.

²Todas as fotos dos experimentos montados pelos estudantes foram obtidas pelos autores do artigo, usando uma câmera digital Sony, modelo DSC-W690.



Figura 7: Vista lateral do experimento com a cuba, mostrando o contorno aparente da garrafa.

A imersão da garrafa no copo de maior diâmetro já permitiu confirmar (fig.4) que a explicação da igualdade entre os índices de refração não é correta, dispensando o experimento com a cuba. Esse fato foi descoberto acidentalmente pelos próprios estudantes ao realizarem o experimento com os diferentes copos trazidos de suas residências.

6 Conclusões e perspectivas

Longe de representar uma falha metodológica, acreditamos que a ausência de fotografias em artigos publicados no passado abre possibilidades de pesquisas futuras. Revisitar tais experimentos pode se revelar uma atividade bastante frutífera, por permitir variações didáticas e metodológicas dos mesmos, por vezes com a simplificação dos materiais utilizados ou mesmo sua sofisticação.

Acreditamos, em particular, que os próprios estudantes poderiam ser instigados a construir e documentar algumas dessas atividades experimentais, com vistas ao questionamento dos resultados obtidos e à sua eventual reconceitualização. A título de exemplo, apresentamos um relato de uma situação didática diversa da investigada nesse artigo: ao propormos aos estudantes a construção de um gramofone didático [55], fomos surpreendidos com projetos muito mais elaborados que o original (incorporando motores elétricos, rolamentos improvisados, bases mais estáveis ou com maior inércia de rotação, manivelas, diferenciação de tamanho e material do cone, entre outros), permitindo muitas vezes uma discussão mais completa sobre o funcionamento do dispositivo ou obtenção de melhores resultados acústicos.

A simplicidade do experimento revisitado nesse artigo permite que o professor requeira dos próprios estudantes a construção do aparato experimental e a documentação dos resultados. Na pesquisa relatada nesse artigo, foi feita uma explanação prévia pelo professor sobre o conceito de índice de refração e as causas alegadas e reais da invisibilidade no experimento descrito. Entretanto, pode-se optar por uma abordagem reversa, apresentando-se o fenômeno e construindo-se a explicação correta a partir do diálogo com os estudantes.

A documentação fotográfica dos experimentos propostos no artigo [1], a nosso ver, se relaciona com o tripé conceitual da reconceitualização [12], viés filosófico do presente trabalho. A nosso ver, o ato de fotografar um experimento colabora

para a aprendizagem da ciência, pois a realização de experiências, mesmo que para confirmar um resultado prévio, colabora para o reforço do aparato cognitivo dos estudantes. A aprendizagem sobre a natureza da ciência também é contemplada, pois permite aos estudantes acompanhar as fases de planejamento (idealização do experimento), realização (experimento em si), reflexão (confronto dos dados com o artigo original) e registro (no caso, as fotografias obtidas). Finalmente, a aprendizagem da prática da ciência também pode ser estimulada, pois ao documentarem em fotos um resultado descrito de forma prévia, é possível que os alunos exercitem a crítica dos resultados descritos no trabalho original e as próprias limitações dos diagramas representativos.

No caso específico da edição especial do CBEF revisada para esse artigo, acreditamos que os trabalhos [33], [34], [38] e [41] são aqueles que mais se adequariam à reconstrução e posterior reconceitualização por estudantes de ensino médio, devido ao baixo grau de complexidade das atividades experimentais propostas. Dessas fontes, apenas o texto [38] apresenta registro fotográfico em seu corpo.

Referências

- [1] O. Silva e C. Laburú. Caderno Brasileiro de Ensino de Física 21, 94 (2004).
- [2] M. Pietrocola, A. Pogibin, R. Oliveira e T. Romero. Física em contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e som: volume 2 (FTD, São Paulo, 2011), 1a ed, p.354.
- [3] F. Ramalho, N. Ferraro e P. Toledo, Os Fundamentos da Física 2 – Termologia, óptica e ondas (Moderna, São Paulo, 2009), 10 a ed., p. 286.
- [4] O. Guimarães, J. Piqueira e W. Carron, Física: volume 2 (Ática, São Paulo, 2013) , 1a ed., p.246.
- [5] N. Villas-Boas, R. Doca e G. Biscuola, Conecte Física 2 (Saraiva, São Paulo, 2011), 1a ed., p.343.
- [6] E. McTigue e A. Flowers, The Reading Teacher 64, 578 (2011).
- [7] M. Cook, Science Education 90, 1073 (2006).
- [8] E. Zimmermann e P. Evangelista, Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de <http://www.cienciamao.usp.br/dados/ard/leitura> Física 9 (2004). Disponível em einterpretacaodeimagensdefisicanoensinofun.arquivo.pdf. Acesso: 06/11/2014.
- [9] I. Newton, Opticks: or, a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light, (William Innys, Londres, 1730), 4 a ed.
- [10] A. Bernuy, C. Freitas e I. Martins, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências 2 (1999). Disponível em <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/P02.pdf> . Acesso: 06/11/2014.
- [11] M. Cook, Science Education International 22, 175 (2011).

- [12] D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias* 12, 299 (1994).
- [13] A. Borges, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 9 (2004).
- [14] J. Alves Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 44 (2004).
- [15] M. Sére, S. Coelho e A. Nunes, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 31(2004).
- [16] J. Walendowski e J. Alves Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 308(2004).
- [17] I. Bianchi e J. Alves Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 82 (2004).
- [18] R. Arribas, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 303 (2004).
- [19] J. Pimentel, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 114 (2004).
- [20] R. Axt, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 59 (2004).
- [21] R. Axt, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 160 (2004).
- [22] M. Montanheiro, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 120 (2004).
- [23] C. Laburú e S. Arruda, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 217 (2004).
- [24] N. Garcia e H. Kalinowski, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 332 (2004).
- [25] A. Gaspar, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 188 (2004).
- [26] E. Colombo e M. Jaén, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 280 (2004).
- [27] S. Arruda e D. Toginho Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 390 (2004).
- [28] A. Taveira, A. Barreiro e V. Bagnato, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 76 (2004).
- [29] P. Dias, A. Morégula, C. Thompson, L. Tavares e L. Gabcan, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 88 (2004).
- [30] C. Perottoni e J. Zorzi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 154 (2004).
- [31] S. Arribas, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 239 (2004).
- [32] C. Galli, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 315 (2004).
- [33] J. Canalle, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 272 (2004).
- [34] F. Silveira, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 64 (2004).[35] U. Piubéli e S. Piubéli, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 97 (2004).
- [35] A. Dornelles Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 297 (2004).
- [36] E. Valadares e A. Moreira, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 359 (2004).

- [37] C. Laburú, M. Ota, R. Basso e C. Almeida, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 171 (2004).
- [38] D. Basso e J. Rocha Filho, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 179 (2004).
- [39] F. Silveira e R. Axt, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 246 (2004).
- [40] C. Laburú e E. Lopes, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 258 (2004).
- [41] H. Kalinowski, O. Dümmer e E. Giffhorn, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 265 (2004).
- [42] F. Catelli e F. Vicenzi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 350 (2004).
- [43] M. Cavalcante e C. Tavoraro, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 372 (2004).
- [44] H. Pupo e E. Ziemath, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 69 (2004).
- [45] R. Silva, M. Coppete, A. Silva, R. Lima, J. Silva e S. Machado, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 103 (2004).
- [46] K. Weltner e P. Miranda, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 124 (2004).
- [47] F. Catelli e S. Vicenzi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 319 (2004).
- [48] F. Catelli e S. Pezzini, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 339 (2004).
- [49] J. Xavier, E. Haugonté e A. Santana, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 212 (2004).
- [50] J. Rocha Filho, S. Coelho, M. Salami, M. Maciel e P. Schrage, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 203 (2004).
- [51] C. Laburú e O. Silva, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 134 (2004).
- [52] F. Silveira e Y. Levin, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 143 (2004).
- [53] J. Pimentel, F. Saad, P. Yamamura e C. Furukawa, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 194 (2004).
- [54] K. Weltner, A. Espiridião, P. Miranda e J. Rocha, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 227 (2004).
- [55] F. Catelli e C. Reis, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 21, 345 (2004).
- [56] L. Moreno, D. Lopes e A. Stein-Barana, *Física na Escola* 8, 43 (2007).