
A HISTÓRIA E A FÍSICA DO FANTASMA DE PEPPER⁺*

Alexandre Medeiros

Departamento de Física – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – PE

Resumo

Este artigo aborda a importância das ilusões de óptica no ensino da Física estudando, em particular, a clássica ilusão denominada no Brasil de “casa de Monga” (ou o “fantasma de Pepper” – “Pepper’s Ghost”, em inglês). Uma retrospectiva histórica da inserção das ilusões de óptica, enquanto algo de relevância educacional, no ensino das ciências é apresentada ao leitor como uma introdução ao tema. Em seguida, discute-se a polêmica história da invenção e da utilização do “fantasma de Pepper”, em meio à disputa envolvendo a prioridade da sua criação reivindicada pelo Professor John Henry Pepper e pelo engenheiro Henry Dircks no cenário cultural da Inglaterra Vitoriana. Analisa-se o dispositivo produtor da referida ilusão, demonstrando-se a simplicidade da Física presente no seu funcionamento. Ao final, discutem-se algumas tentativas de compreensão do referido artefato apelando-se para a realização de outros experimentos auxiliares.

Palavras-chave: *Ilusões de Óptica, reflexão da luz.*

⁺ History and Physics of Pepper’s Ghost

^{*} *Recebido: dezembro de 2006.*

Aceito: julho de 2006.

Abstract

This article approaches the importance of optical illusions in the Physics teaching, particularly the classical illusion known in Brazil as “Monga’s house” (“Pepper’s ghost” in English). A historical retrospective on the inclusion of optical illusions as an issue of relevant educational importance in the science teaching is presented to the reader as a way of introduction to the theme. Then, the very history of the invention and development of “Pepper’s Ghost” apparatus and the debate involving Professor John Henry Pepper and the Engineer Henry Dircks in the cultural context of Victorian England are discussed. The proper functioning of the apparatus is explored in order to understand the physics that exists underneath. At the end, some tentative forms of understanding the working of the referred apparatus are discussed with the use of some other supplementary experiments.

Keywords: *Optical illusions, light reflection.*

I. As ilusões de óptica e o ensino da Física

A dimensão do mistério está intimamente ligada ao ensino lúdico da Física (MEDEIROS; MEDEIROS, 2005) e, dentro deste contexto, as ilusões de óptica podem se enquadrar no espectro pedagógico de tais abordagens lúdicas.

O fascínio humano com as ilusões de óptica tem uma longa história. De início, entretanto, elas foram vistas apenas como meras curiosidades sem qualquer interesse prático. O século XIX, porém, viu surgir do estudo das ilusões de óptica uma das maravilhas da arte moderna: o cinema. O cinema, em si mesmo uma nova arte, trouxe não apenas divertimento ao público em geral, mas também a possibilidade de registrar os fenômenos e de estudá-los de um modo nunca antes imaginado. Técnicas estroboscópicas, por exemplo, aliadas a tomadas de flashes múltiplos, tornaram possível visualizar fenômenos de curta duração e alta velocidade em detalhes. O cinema permitiu ao homem a técnica da câmara lenta cujo impacto no estudo da ciência não deve ser subestimado. Entretanto, apesar de ter sido o berço de tão prodigiosa invenção, o estudo das ilusões de óptica continuou sem merecer a devida atenção dos educadores. Ainda que a Psicologia, especialmente os teóricos da Gestalt, tenha dado a tais ilusões um valor especial na construção de uma compreensão científica da cognição humana, os desdobramentos educacionais mais diretos sempre estiveram muito defasados. As conqui-

tas tecnológicas advindas do estudo das ilusões de óptica – principalmente o cinema – tiveram, certamente, os seus espaços reservados na educação, desde cedo, mas as próprias ilusões de óptica, em si mesmas, permaneceram relegadas, do ponto de vista educacional, a um segundo plano. Elas continuaram a ser vistas como meras curiosidades e não como matérias de estudo, especialmente pelos educadores em ciência, apesar de já serem, há muito, objetos da própria ciência. Ainda no final da década de sessenta, os trabalhos educacionais diretamente relacionados com as ilusões de óptica em si mesmas encontravam-se confinados à Educação artística (HEIDT, 1969).

Os primeiros trabalhos relacionados diretamente com o ensino das ilusões de óptica, enquanto ferramenta curricular no ensino da ciência, datam do início dos anos setenta. Vannan (1973), por exemplo, sugeriu o uso de várias atividades planejadas para estimularem o interesse dos estudantes pelo estudo das ilusões de óptica. Dentre as atividades recomendadas estava a preparação de cartazes relacionados com as mencionadas ilusões, a fim de serem afixados nas paredes das salas de aula como uma ferramenta que viesse a propiciar uma motivação dos estudantes para que os mesmos viessem a buscar explicações para aqueles fenômenos. Na mesma época, Ward (1973) discutiu a importância da natureza das imagens virtuais e da forma como as mesmas podem ser construídas e utilizadas na compreensão dos relacionamentos entre os objetos e suas reflexões especulares. Ele descreveu, ainda, como tais imagens virtuais – e as ilusões a elas associadas – podem ser utilizadas no teatro e nas salas de aula. Na continuação do seu trabalho, Ward (1975) mostrou como as ilusões de óptica poderiam ser utilizadas, do ponto de vista educacional, para explorar-se o estudo da natureza e do comportamento da luz, a mecânica e os princípios óticos que regem o olho, assim como também as próprias formas como o cérebro aprende a interpretar aquilo que é visto.

Já na década de oitenta, Postiglione (1982) aprofundou os estudos relacionados com a utilização educacional das ilusões de óptica fornecendo indicações de como algumas delas poderiam ser criadas. Esse estudo pioneiro abre uma avenida de possibilidades que, na atualidade, desemboca na desconstrução das referidas ilusões como elemento essencial para a compreensão das mesmas.

Partindo do pressuposto, já bem estabelecido, de que as ilusões de óptica deveriam ser tanto de interesse lúdico quanto educacional, Brandes (1983) sugeriu a utilização das mesmas no ensino da Matemática no nível médio. Baseado no interesse que ilusões relacionadas à profundidade despertam freqüentemente nos estudantes, Brandes indicou formas de como os alunos poderiam produzir suas próprias ilusões de óptica e de como poderiam aprender Matemática ao tentarem classificá-las. Seguindo esta mesma direção, Edge & Jones (1984) apre-

sentaram várias sugestões de procedimentos práticos que poderiam ser adotados na utilização de ilusões de óptica para o ensino da Óptica geométrica.

Já na década de noventa, tomando de empréstimo os avanços obtidos pela Psicologia da Percepção, Hoots (1993) aprofundou a questão da importância educacional das ilusões de óptica de movimento ao apresentar e explicar – em termos simples, voltados para professores de ciências – como o olho e a mente humana podem enganar o observador fazendo-o ver ou interpretar informações que são diferentes das verdadeiras imagens apresentadas. No momento em que o professor se dá conta deste fato, a sua atenção para com a utilização das imagens no ensino precisa sofrer, necessariamente, uma mudança radical. Já não faz mais nenhum sentido a idéia ingênua de que as imagens – cada vez mais utilizadas na educação em ciências – possam comunicar sempre as mesmas coisas para diferentes intérpretes. Apesar do seu enorme valor educacional, as imagens carregam em si mesmas uma complexidade que não deve ser subestimada. Esta assertiva decerto não é nova; os gestaltistas já alertavam, de longa data, para esta questão. O que é recente é o fato de que uma tal assertiva ganhe as páginas de revistas dedicadas especificamente ao ensino da ciência em um nível elementar. Isso revela o quanto a temática das ilusões de óptica veio a se tornar um tópico de pesquisa atual no ensino das ciências.

Retomando a questão das ilusões de profundidade, Altshuler (1994) sugere como é possível mesclar o ensino da Física com a Arte clássica. Ele discute a necessidade do uso de um terceiro eixo orientado para a descrição espacial e explora a importância da perspectiva, dos sistemas de referência, do equilíbrio e da teoria das cores. Neste aspecto, parece-nos interessante que se observe que o conhecimento de Física que os nossos estudantes adquirem deve servir-lhes não apenas para compreenderem a Natureza, mas, também, para compreenderem certas técnicas clássicas utilizadas nas expressões artísticas. Dentre tais questões, destacamos o balanço de cores como uma forma alternativa de se expressar a noção de profundidade. O uso de cores esmaecidas para dar a ilusão de distanciamentos é um tipo de perspectiva com a qual os nossos estudantes de Física não parecem demonstrar a mesma intimidade que possuem com o clássico uso da perspectiva baseada no cone ótico e na utilização de pontos de fuga. Tome-se, como exemplo, a Fig. 1, na qual o uso de *degradé* conduz à ilusão de um arredondamento dos quadrados do centro e da direita, em contraste com a forma plana como nos parece o quadrado da esquerda.

A utilização das ilusões de óptica no ensino da ciência transcende a sua importância para o ensino da Matemática e da Física. Para os adeptos da abordagem processual, como Leyden (1995), por exemplo, as ilusões de óptica

poderiam ser úteis, não apenas no ensino da própria Óptica, mas igualmente, para auxiliar os estudantes no desenvolvimento dos processos de observação, comunicação, controle de variáveis, formulação de hipóteses, coleta e interpretação de dados.

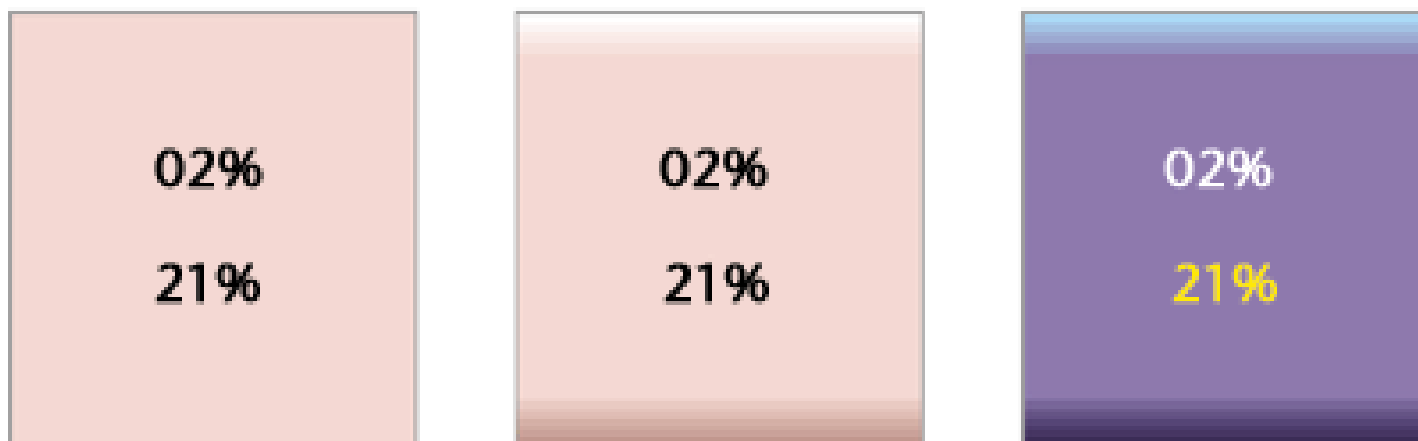


Fig. 1

Para além da abordagem processual do ensino da ciência, encontram-se as formas de compreensão do fenómeno ensino-aprendizagem que valorizam mais a importância dos contextos nos quais as habilidades acima referidas são desenvolvidas. Para tais abordagens, a análise crítica das situações vivenciadas seria um elemento imponderável que jamais poderia ser enquadrado em visões educacionais mais segmentadas, como a advogada pelo ensino processual. As críticas às abordagens processuais não são novas e foram encetadas de forma contundente, principalmente por Driver & Millar (1988) e por Jenkins (1990). Entretanto, não apenas os processualistas valorizam a importância das ilusões de óptica no ensino das ciências. Também aqueles que põem em destaque o papel desempenhado pelos contextos das observações e pelas análises críticas das situações vivenciadas têm dado uma ênfase especial à importância educacional das referidas ilusões. DiSpezio (2000), por exemplo, descreve uma situação na qual uma “arena de ilusões” é experienciada pelos seus estudantes e nela eles são requeridos a analisarem criticamente as informações recebidas. DiSpezio destaca, em tal experimento, a importância especial desempenhada pelos diferentes tipos de ilusões de profundidade no desenvolvimento da capacidade crítica dos estudantes. Mais recentemente, Ackerly (2001) trouxe para o cenário do debate da Educação em Ciências um tema já clássico na Filosofia da Ciência e consagrado por Hanson (1962): a distinção entre a realidade externa e as percepções internas provocadas pelas ilusões de óptica. Esta distinção filosófica parece ser de importância capital, principalmente na descrição do relacionamento entre a percepção sensorial e a aprendizagem.

O cenário presente dos trabalhos educacionais ligados com as ilusões de óptica no ensino das ciências parece, portanto, comportar a necessidade de que se conheça melhor um pouco da própria história de como certas ilusões clássicas vieram a se estabelecer no quadro geral do conhecimento humano. Mais ainda, quando uma tal ilusão de óptica não apenas envolver a referida questão da percepção espacial, mas estiver também na própria base de criação do cinema. O presente trabalho segue esta abordagem discutindo o desenvolvimento histórico e a compreensão de uma das mais famosas ilusões de óptica de todos os tempos, conhecida no Brasil como a “casa de Monga”, originalmente denominada em inglês de “Pepper’s Ghost”, (o fantasma de Pepper) em referência ao Professor John Henry Pepper (1821-1900) da *London’s Royal Polytechnic Institution*.

II. A origem e a simplicidade da Física contida no Fantasma de Pepper

O fantasma de Pepper é uma das ilusões de óptica mais fascinantes e conhecidas em todo o mundo. Na versão popularizada no Brasil como a “casa de Monga”, ela consiste em um dispositivo no interior do qual uma moça parece transformar-se em um gorila. Esta famosa ilusão consiste, como veremos mais adiante, na projeção da imagem de um objeto oculto do observador, através da reflexão em uma lâmina plana de vidro inclinada de 45° . Seu criador foi o professor de Química inglês John Henry Pepper, já à época um indivíduo famoso por suas conferências demonstrativas populares e espetaculares a respeito de assuntos atraentes da ciência. Ele pode ser definido como um showman que muito contribuiu para a popularização da ciência na Inglaterra vitoriana do século XIX. Suas demonstrações estavam quase sempre lotadas e ele buscava comunicar nas mesmas os aspectos inusitados da ciência com efeitos circenses de um autêntico prestidigitador. Em 1858, Pepper tomou conhecimento da apresentação de um modelo de um curioso dispositivo produtor de imagens virtuais na *British Association for the Advancement of Science*. Seu autor era um engenheiro civil de Liverpool denominado Henry Dircks. O aparato de Dircks era bem simples, mas encantador; consistia de uma lâmina de vidro plana colocada sobre uma base na qual havia um anteparo para limitar a visão do observador. O aparato formava curiosas imagens virtuais que pareciam se fundir com objetos reais.

O princípio de funcionamento do aparato de Dirck era muito simples e o leitor já deve ter observado o mesmo várias vezes, talvez sem dar muita atenção às possibilidades encantadoras do referido efeito. Imagine-se, por exemplo, que estejamos à noite em um quarto iluminado olhando através da vidraça de uma janela para um quintal escuro. Se o leitor já teve uma tal experiência, deve lembrar que a imagem de objetos bastante iluminados no quarto parece flutuar no escuro do quintal. Se iluminarmos a nossa própria face com uma lanterna, veremos a nossa própria imagem flutuando lá fora no espaço. Há um truque antigo, baseado em tal efeito, que consiste em fazer uma vela parecer arder dentro de um copo com água, como pode ser visto na Fig. 2.



Fig. 2

Uma versão mais moderna do aparato de Dircks é a lâmpada fantasma SCIENCO, vista na Fig. 3, na qual a imagem de uma lâmpada acesa oculta do observador dá a impressão de que uma outra lâmpada apagada, simétrica da primeira em relação a uma lâmina de vidro, está igualmente acesa. O aparato de Dircks, entretanto, não era apropriado para usos destinados a grandes audiências como, por exemplo, espetáculos teatrais.



Fig. 3

Assim sendo, Pepper aperfeiçoou o conceito criado por Dircks com a introdução de uma lâmina de vidro plana inclinada de 45° e suficientemente grande para cobrir o palco de um pequeno teatro. Através da regulação conveniente

do iluminamento dos ambientes, tornou-se possível, a partir de então, produzir imagens fantasmagóricas que encantaram multidões, inicialmente nas apresentações do próprio John Pepper e depois nas feiras de diversões pelo mundo afora. Para compreender-se melhor o princípio de funcionamento do fantasma de Pepper, observemos a Fig. 4. Nela pode-se perceber que existem dois compartimentos de mesmo tamanho e perpendiculares entre si. Em um deles, visível ao público, está colocado simplesmente um piano; no outro compartimento vizinho, de paredes enegrecidas e oculto do público, encontra-se um ator vestido de fantasma, em posição tal que parece estar tocando um piano.

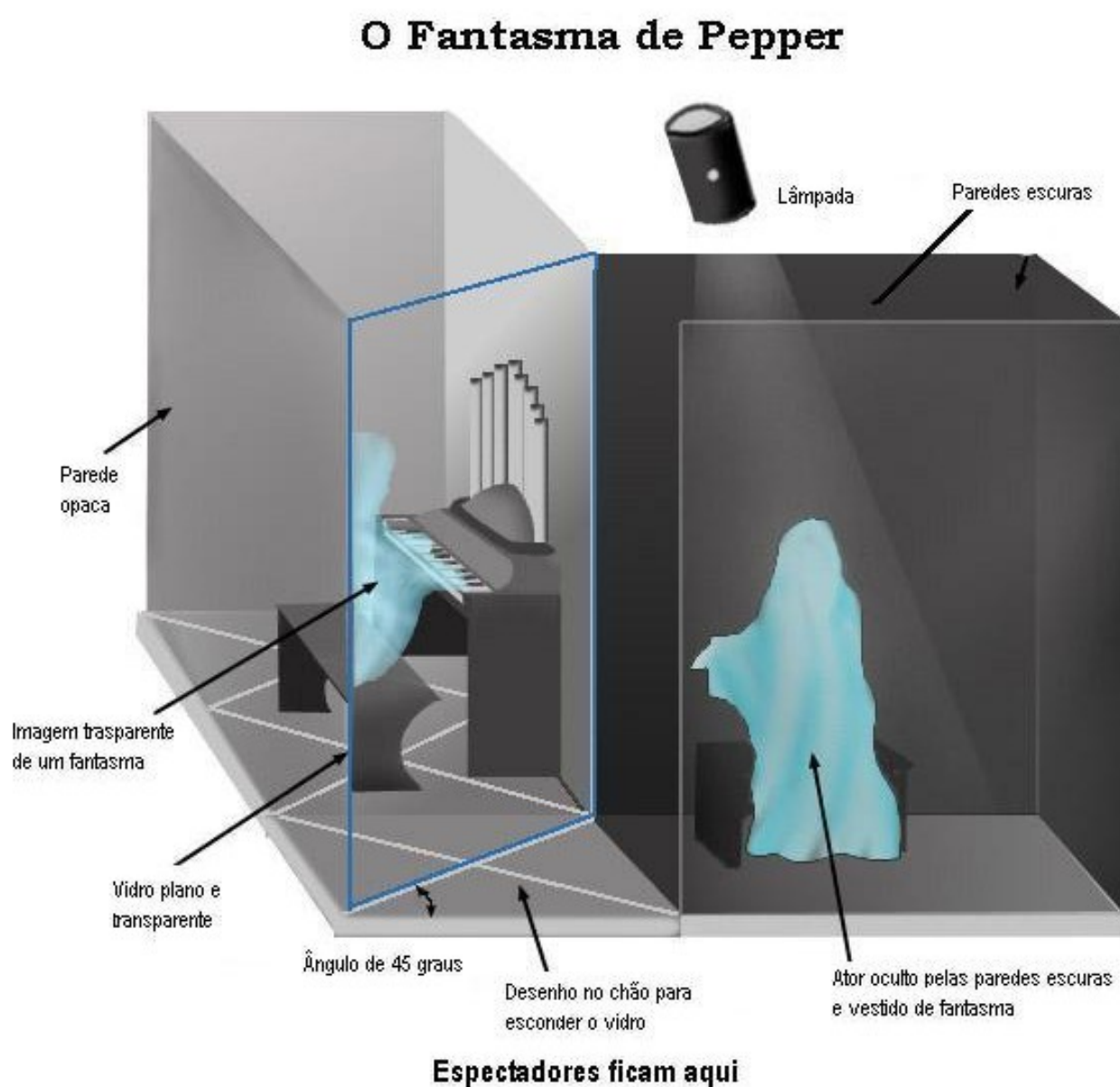


Fig. 4

As posições do ator e do banquinho à frente do piano são equidistantes em relação à lâmina de vidro inclinada de 45° que aparece na Fig. 4 e separa o público do palco onde está o piano. Há algum tipo de obstáculo que não permite que o público aproxime-se o suficiente da cena para ver o interior do comparti-

mento escurecido. Inicialmente, o compartimento com o piano é iluminado intensamente enquanto o outro é deixado às escuras. À proporção em que a intensidade da luz do palco é reduzida, aumenta-se gradativamente a iluminação do quarto onde está o ator. Sua imagem vai sendo, então, gradativamente refletida, cada vez com maior intensidade, pelo vidro inclinado em direção aos olhos dos espectadores. À proporção que a iluminação sobre o ator vai aumentando, sua imagem projetada vai ficando mais e mais nítida, perdendo, assim, o aspecto fantasmagórico. Portanto, é possível produzir imagens com aspectos mais fantasmagóricos ou menos fantasmagóricos através de um simples controle da intensidade das fontes de luz projetadas nos dois ambientes destacados no cenário do dispositivo criado por Pepper.

Ele encantou multidões com a aparição de “fantasmas” nos palcos que contracenavam e mesmo se sobrepunham a atores reais, como no caso da Fig. 5. O fundamento físico das projeções assim obtidas, com o dispositivo criado por John Pepper, baseia-se no fenômeno da reflexão parcial da luz nas interfaces entre dois meios com índices de refração diferentes. Quando a luz viaja através de um meio para outro, uma parte dessa luz é transmitida e outra parte é refletida na interface entre os dois meios. As quantidades relativas de luz que são transmitidas e refletidas dependem da razão entre os índices de refração dos dois meios assim como do ângulo de incidência da luz na interface.



Fig. 5

Para uma incidência normal, quando a luz viaja do ar para o vidro, mais ou menos 4% desta luz incidente é refletida, enquanto os 96% restantes são transmitidos para este segundo meio. No caso da imagem da vela dentro do copo com água, mostrada na Fig. 2, é interessante observar que apenas esses 4% da luz refletida é que são responsáveis pela formação da ilusão, pois são esses 4% de luz refletida os únicos a comunicarem a imagem da vela. Os restantes 96% transmitidos através do vidro não atingem os olhos do observador pelo simples fato de que o mesmo não se encontra no interior da caixa onde está o copo. Para que a ilusão produzida seja a melhor possível é importante que minimizemos a reflexão pelas paredes da caixa que contém a vela. Deste modo, a luz que tenha atravessado o vidro não retorna aos olhos do observador. Assim sendo, a única luz que, prati-

camente, atinge o observador é aquela proveniente da vela e do copo que brilha com a incidência da luz sobre o mesmo. Para tal, é interessante que as paredes da mesma sejam enegrecidas. Pela mesma razão, as paredes do aparato de Pepper são igualmente enegrecidas. Deste modo, uma imagem virtual, do mesmo tamanho do objeto, aparece do outro lado da superfície refletora e a uma mesma distância que o objeto gerador da referida imagem estava da lâmina de vidro.

Variando-se, entretanto, o ângulo de incidência, afastando-o gradativamente da normal, a porcentagem da luz refletida vai aumentando até atingir um ângulo crítico. O ângulo crítico é aquele para o qual a luz não mais atravessa o vidro, refletindo-se, em vez disso, em direção ao observador. Em um caso como este, a imagem virtual formada assemelha-se àquela gerada por um espelho plano tendo em vista a simetria em relação à superfície refletora. Entretanto, diferentemente do caso de um espelho plano, a imagem formada pela lâmina de vidro inclinada no aparato de Pepper permite que a luz proveniente do cenário diretamente observado através dela possa atravessá-la, fundindo-se com aquela que havia sido refletida e produzindo, assim, uma imagem que comunica uma interessante ilusão de óptica.

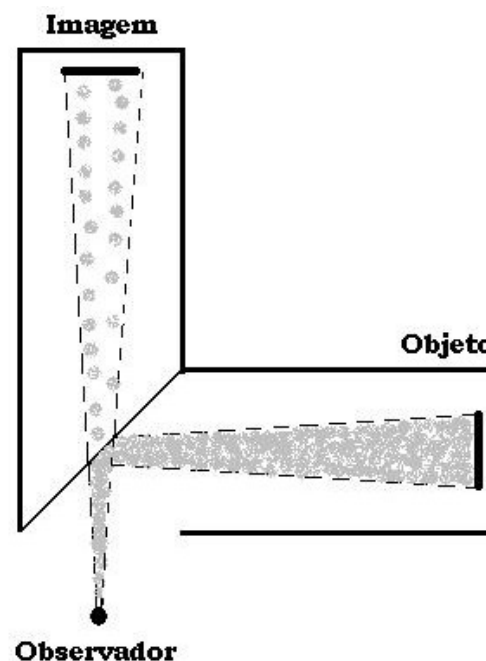


Fig. 6

Na versão do fantasma de Pepper em que a imagem de uma moça funde-se com a imagem de um gorila (a casa de Monga), é essencial que o iluminação seja devidamente regulado de modo contínuo e gradativo, para que o efeito pareça mais realista.

De início, como mostra a figura esquemática (a) da Fig. 7, a moça é iluminada intensamente, enquanto um ator fantasiado de gorila permanece oculto no escuro em uma posição simétrica à da moça em relação à lâmina de vidro. Gradativamente, a iluminação incidente sobre a moça vai diminuindo, enquanto a iluminação sobre o “gorila” vai aumentando na mesma intensidade, como mostra a Fig. 7 (b). Em uma tal situação, os espectadores vêem uma imagem mesclada devido à reflexão do gorila no vidro. Na situação indicada na Fig. 7 (c), a moça encontra-se, agora, no escuro e o “gorila” submetido à máxima iluminação. Neste caso, apenas o “gorila” pode ser visualizado pelos espectadores e a ilusão de uma incrível metamorfose parece ter se concretizado.

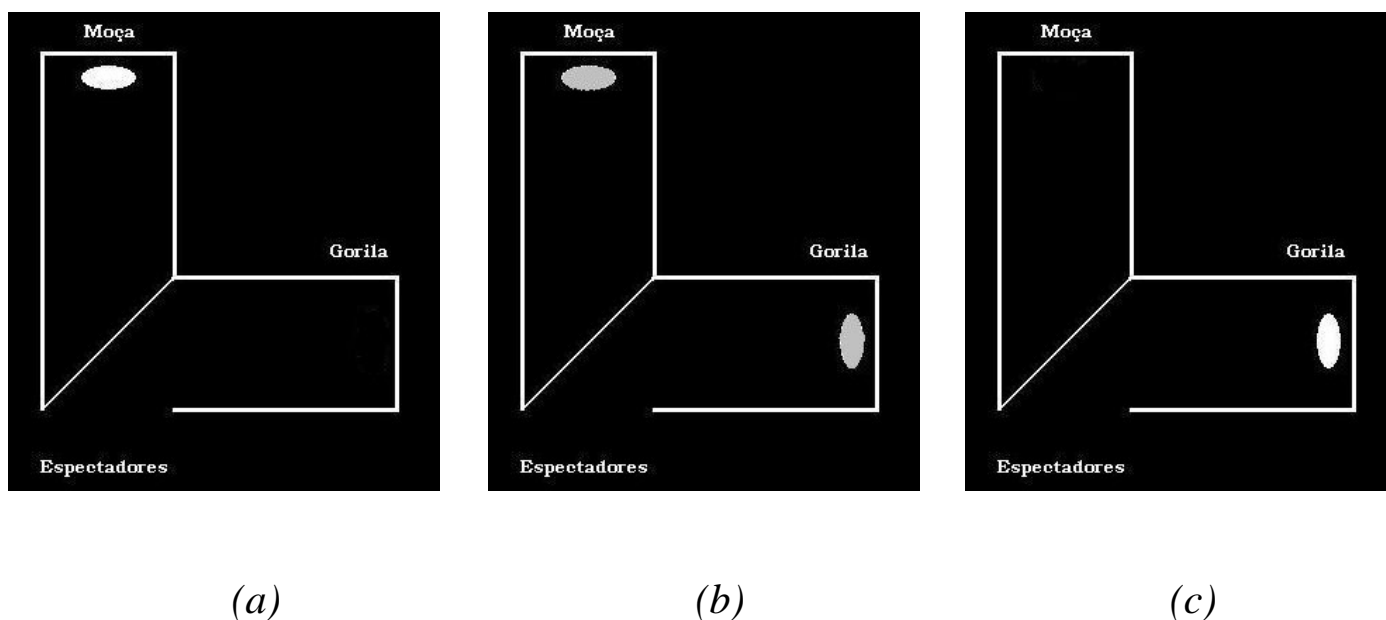


Fig.7 As três fases da iluminação na produção da ilusão em uma casa de Monga.

Embora a casa de Monga seja um espetáculo de auditório, e, portanto em grande escala, nada impede que não o possamos reproduzir em pequena escala obtendo ilusões igualmente intrigantes e que convidam o espectador iniciante a desvendar o mistério.

A Fig. 8 apresenta um modelo em pequena escala da casa de Monga. Ela encontra-se destampada, apenas para efeito de compreensão do mecanismo. Na prática, o dispositivo é operado com uma tampa cobrindo o conteúdo interior da caixa. Pode-se perceber, no esquema, que um interruptor, ou melhor ainda um potenciômetro, permite mudar a iluminação lançada sobre a vela e o copo com água. Note-se as paredes enegrecidas e as lâmpadas devidamente ocultas da visão do observador que tem acesso ao interior apenas através de uma pequena janela. Isso faz com que as imagens que possa captar sejam fundidas pelas reflexões produzidas na lâmina de vidro colocada de modo inclinado à sua frente. O dispositivo funciona de modo absolutamente análogo àquele em tamanho

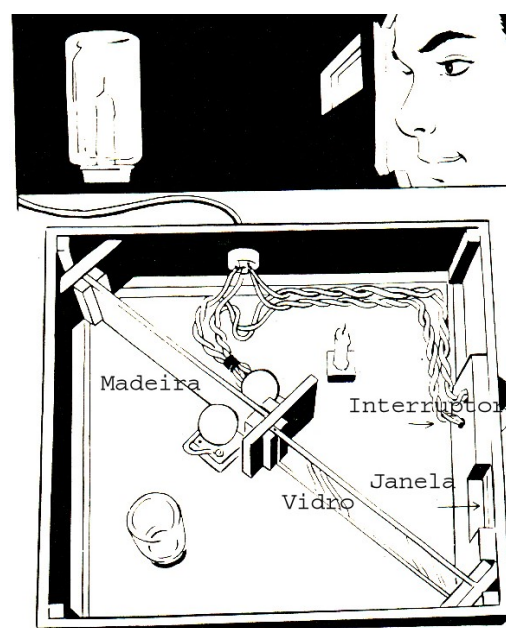
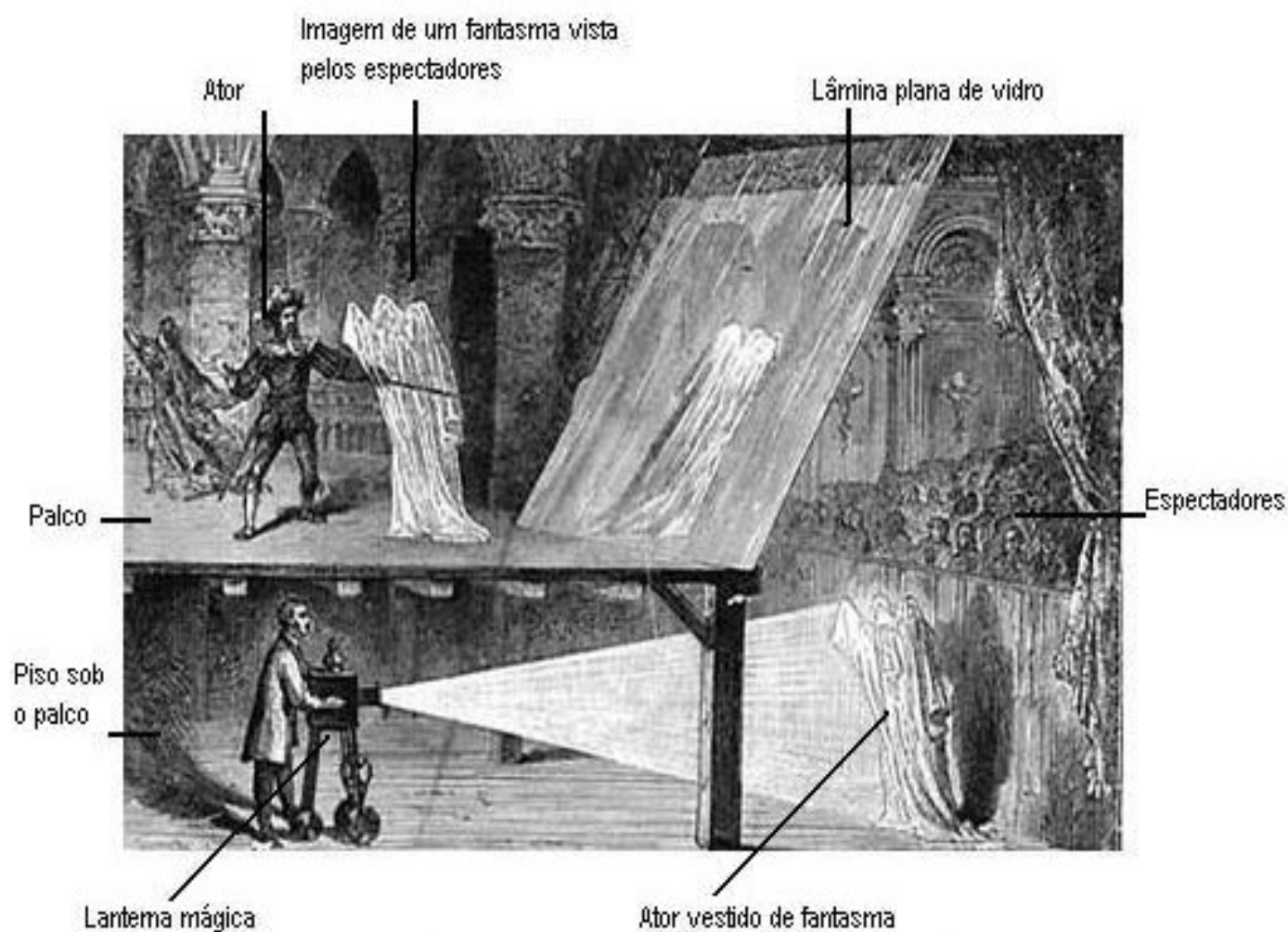


Fig. 8

maior detalhado anteriormente. Em lugar da vela e do copo podemos utilizar, igualmente, duas fotografias de mesmo tamanho colocadas simetricamente em relação à lâmina de vidro inclinada.

Na versão original levada aos palcos no século XIX pelo professor John Henry Pepper, a imagem de um fantasma era produzida com o auxílio de uma lanterna mágica (antigo projetor) colocada no piso inferior do teatro, conforme mostra a Fig. 9.



O Fantasma de Pepper - Versão Original - 1863

Fig. 9

De acordo com o ângulo de visão dos espectadores, a ilusão fantasmagórica produzida pela encenação de Pepper era simplesmente perfeita. Essa era uma das muitas ilusões de óptica que fez sucesso no século XIX e que ainda hoje surpreende tantos quantos a observam sem um necessário conhecimento básico de Óptica.

IV. Conclusões

Para além da curiosidade histórica de que os artefatos mencionados neste artigo se revestem, existe também, no uso pedagógico dos mesmos no ensino da Física, uma possibilidade inegável de cativar a atenção dos estudantes para a aprendizagem da Óptica elementar através da discussão do mistério contido em tais situações inusitadas. Mais uma vez, a temática do mistério e a temática da diversão podem se mesclar para auxiliar o professor de Física na criação de situações que envolvam análise, discussão e decodificação científica dos conceitos envolvidos em tais exemplos. Trata-se do desafio pedagógico de passar do que parece à primeira vista uma simples brincadeira para uma atividade de ensino que seja potencialmente motivadora de discussões e que possa, assim, despertar a alegria de aprender Física.

V. Bibliografia

ACKERLY, S. Studying Sensory Perception. **Science Teacher**, v. 68, n. 5, p.30-34, May 2001.

ALTSHULER, K. Art and Physics. **The Physics Teacher**, v. 32, n. 5, p.271-73, May 1994.

BARNOUW, E. **The Magician and the Cinema**. New York: Oxford University Press, 1981.

BROWN, R. **333 More Science Tricks & Experiments**. USA: TAB Books Inc, 1984.

BARDIN, T. Pepper's Ghost. In: **Explaining Physics in Toys**. San Francisco: City College of San Francisco, 2001.

BRANDES, L. Optical Illusions: A Presentation for High School Mathematics Students. **School Science and Mathematics**. v. 83, n. 2, p.149-58, Feb. 1983.

BURNIE, D. C. **Eyewitness Science: Light**. Sidney: Harper Collins Publishers, 1992.

CHAPMAN, S. Pepper's Ghost. **Planet Science**. British Association for the Advancement of Science, Apr. 2002.

CHARNEY, D. **Magic**. New York: Strawberry Hill Publishing Company, 1975.

DAVIS, R. **Pepper's Ghost**. Disponível em:

<<http://www.dafe.org/misc/peppers/peppers.htm>> Acesso em: 12 fev. 2003.

DIRCKS, H. **The Ghost! As produced in the spectre drama, popularly illustrating the marvellous optical illusions obtained by the apparatus called the Dircksian Phantasmagoria: being a full account of its history, construction, and various adaptations**. London: E. and F. N. Spon, 1863.

DiSPEZIO, M. Motivation with Depth. **Science Scope**, v. 24, n. 1, p.20-29, Sept. 2000.

DRIVER, R.; MILLAR, R. Beyond Processes. **Studies in Science Education**, v. 14, n. 9, p.33-62, 1989.

EDGE, R.; JONES JR, E. String and Sticky Tape Experiments: Optical Illusions. **The Physics Teacher**, v. 22, n. 9, p.59-93, Dec. 1984.

FABELLA, N. **Nightmare chronicles: A documentary**. Master in Fine Arts, Design & Technology Thesis. Parsons School of Design, Aug. 2001.

FERGUSON, D. A Clarification of Pepper's Ghost. **Phantasmechanics**, June 2002.

FITZKEE, D. **The Trick Brain**. San Rafael: Saint Raphael House, 1944.

HANSON, N. **Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundation of Science**. London: The Scientific Book Guild, 1962.

HEIDT, A. Optical Illusions. **School Arts**, v. 69, n. 3, Nov. 1969.

HOOTS, R. Motion Illusions. **Science Teacher**, v. 60, n. 9, p.16-21, Dec. 1993.

JENKINS, E. Philosophical Flaws. **Times Educational Supplement**, Oct. 1990.

LEYDEN, M. The eyes have it. Teaching Science. **Teaching PreK-8**, v. 26, n. 1, p. 32, 34-35, Sept. 1995.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n.3, dez. 2005.

MEINTJES, L.; ADAMS, A.; STEKHOVEN, C.; VAUGHAN, A.; TAYLOR, A.; FIEGGEN, J. An application of Pepper's Ghost to the 3D localization of le-

sions in Neurosurgery. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE 3D ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT, VI, 2000, Cape Town, South Africa. **Proceedings...** p.54-57.

MORUS, I. **Mastering the invisible: technologies of the unseen at the mid-victorian exhibition.** History of Science Society Annual Meeting, 2000, Vancouver. **Abstracts...**

PEPPER, J. **Discoveries and inventions of the Nineteenth Century.** London: George Routledge and Sons, 1876.

PEPPER, J. **Scientific Amusements for Young People:** Comprising Chemistry, Crystallization, Coloured Fires, Curious Experiments, Optics, Camera Obscura, Microscope, Kaleidoscope, Magic Lantern, Electricity, Galvanism, Magnetism, Aerostation, Arithmetic, etc. London: George Routledge and Sons, 1868.

PEPPER, J. **The Boy's Playbook of Science.** London: Routledge, Warne, and Routledge, 1862.

PEPPER, J. **The true history of the ghost, and all about metempsychosis.** London: Cassell & Co., 1890.

POSTIGLIONE, R. How to create optical illusions. **Clearing House**, v. 55, n. 7, p.314-16, Mar. 1982.

QUARRINGTON, P. **The Spirit Cabinet.** Toronto, Canadá: Random House, 1999.

SECORD, J. Quick and magic shaper of Science. **Science Magazine**, v. 297, Sept. 2002.

SINGMASTER, D. London Scientific Institutions and Societies: Royal Polytechnic Institution. **The British Society for the History of Mathematics Gazetteer**, Aug. 2002.

SPROTT, J. **The Wonders of Physics.** Madison: University of Wisconsin Press, 1998.

TOULMIN, V. Randall Williams, king of showmen: from ghost show to bioscope. Sheffield: National Fairground Archive (University of Sheffield), 2001.

VANNAN, D. Perceiving Perception. **Science Activities**, v. 10, n. 1, p.26-27, Sept. 1973.

VANCLEAVE, J. Teaching the fun of Physics. New York: Prentice Hall Press, 1985.

WARD, A. Seeing isn't believing. **Science Activities**. v. 12, n. 3, p.19-21, May-Jun, 1975.

WARD, A. To catch a ghost. **Science Activities**, v. 10, n. 3, p.42-44, Nov. 1973.

WILLIAMS, B. Professor Pepper. In: **A history of light and lighting**. Vancouver: The Lighting Library, 1999.

WILLIAMS, B. Spooky! We're still haunted by ghosts. **The Sydney Morning Herald**, Monday, July 23, 2001.