



Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão?

.....

Eder Pires de Camargo

Departamento de Física e Química,
Faculdade de Engenharia, Universidade
Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP,
Brasil
E-mail: camargoep@dfq.feis.unesp.br

Roberto Nardi

Departamento de Educação, Faculdade
de Ciências, Universidade Estadual
Paulista, Bauru, SP, Brasil
E-mail: nardi@fc.unesp.br

Paulo Roberto Pires Maciel Filho

Colégio Batista Brasileiro de Bauru,
Bauru, SP, Brasil
E-mail: maciel@fc.unesp.br

Débora Renata Vieira de Almeida

Escola Estadual Matilde Vieira, Avaré,
SP, Brasil
E-mail: física_unesp@yahoo.com.br

.....

Neste artigo abordamos o ensino de óptica para alunos com deficiência visual (alunos cegos de nascimento, que perderam a visão ao longo da vida ou com baixa visão). Para tanto, apresentamos sete artefatos tátil-visuais: (1) como ocorre a visão, (2) raio de luz, (3) reflexão regular, (4) refração da luz, (5) dispersão da luz, (6) câmara escura de orifício, e (7) espelhos côncavos e convexos. Os artefatos são táteis e visuais por dois motivos: (a) facilitar a comunicação entre o professor, os alunos videntes e os com deficiência visual, e (b) o professor pode utilizar os artefatos para o ensino dos alunos videntes. É importante lembrar que com a educação inclusiva a sala de aula deve organizar-se para atender as necessidades educacionais de todos os alunos. Esperamos, com este artigo, contribuir para que esse objetivo seja atingido.

Este artigo apresenta materiais para o ensino de óptica a alunos cegos e com baixa visão, além de algumas orientações práticas ao professor de física. O primeiro autor, como deficiente visual e professor de física, sempre foi questionado sobre como ensinar óptica para alunos com deficiência visual. Geralmente o tema assusta docentes que lecionam para esses alunos, e os temores são os seguintes: como ensinar um fenômeno visual para alunos que não enxergam? Como ensinar as cores? Como comunicar a idéia de imagem, refração, etc?

Em primeiro lugar, é preciso reconhecer que a deficiência visual não se limita à cegueira nativa ou adquirida; existem alunos com deficiên-

cia visual que possuem baixa visão. Esse fato é importante, pois, dependendo do tipo de deficiência visual, o aluno pode ou não ver determinados fenômenos ópticos. De acordo com a legislação brasileira, é considerado deficiente visual toda pessoa que possui, em seu melhor olho após correções com óculos ou lentes, uma acuidade visual menor que 20/200, isto é, que vê a menos de 20 m de distância um objeto que uma pessoa de visão comum vê a 200 m [1].

Em segundo lugar, é preciso diferenciar os significados dos fenômenos ópticos em duas classes. Existem aqueles que somente podem ser observados e compreendidos por meio da visão e de idéias visuais. Denominamos esses significados de indissociáveis da visão. São os casos das cores, da idéia de transparente, translúcido e opaco, da concepção de visão, do entendimento de imagem em um espelho plano ou esférico, do significado visual da refração, etc. Esses significados nunca

Fenômenos ópticos são constituídos de vários significados (históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais, ligados às idéias não visuais como energia térmica, etc), e esses significados podem ser comunicados aos alunos cegos de nascimento

poderão ser comunicados aos alunos cegos de nascimento. Entretanto, se o aluno enxergou por um tempo ou possui baixa visão, esses significados podem ser comunicados a eles. Existem também os significados cuja compreensão não é dependente da visão. Denominamos tais significados de vinculados a idéias visuais. São os casos dos registros e descrições geométricas de fenômenos ópticos como raio de luz, reflexão, refração, formação de imagem em espelhos e lentes, etc. É muito comum na

óptica a utilização de registros na lousa, *data show*, retroprojektor, em livros, de esquemas visuais dos significados mencionados. Esses significados podem ser comunicados a alunos cegos de nascimento, aos que perderam a visão ao lon-

go da vida ou àqueles com baixa visão. Para que isto ocorra, basta a elaboração de registros táteis desses significados. Esses registros são simples de serem feitos, e pode-se utilizar materiais como barbante, papelão, cola, etc.

Embora os significados visualmente indissociáveis sejam incomunicáveis aos alunos cegos de nascimento, fenômenos que contêm tais significados podem ser enfocados normalmente em classes que contemplam a presença desses alunos. Ocorre que fenômenos ópticos são constituídos de vários significados (históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais, ligados às idéias não visuais como energia térmica, etc), e esses significados podem ser comunicados aos alunos cegos de nascimento.

São descritos sete artefatos tátil-visuais para o ensino de óptica, os quais apresentam significados de fenômenos ópticos desvinculados da visão, podendo ser utilizados com os alunos cegos, com

baixa visão e com alunos videntes. Atualmente, devido às recomendações da LDB de 1996 [2], os alunos com deficiência visual estão estudando junto com seus colegas videntes. Particularmente (primeiro autor, Eder, deficiente visual) concordo com essa recomendação legal, pois a diversidade é muito positiva ao ensino de física.

Artefato 1: Como ocorre a visão?

Na Fig. 1 são apresentados quatro quadros que podem ser utilizados para a identificação do conhecimento prévio dos alunos com e sem deficiência visual sobre a ocorrência da visão. Os quadros foram adaptados de Goulart *et al.* [3]. Cada quadro é formado pelos seguintes elementos: sol (fonte de luz), árvore (objeto) e homem (observador). A Fig. 1.1 representa o modelo científico para a ocorrência da visão. A seta que simboliza um raio de luz, parte da fonte de luz, incide no objeto que a reflete até o observador. Os outros quadros representam modelos alternativos para a ocorrência da visão. Na Fig. 1.2 há a representação de uma seta indo do observador para o objeto e outra do objeto para o observador, sem que a fonte de luz participe. Na Fig. 1.3, há a participação da fonte de luz; contudo, o sentido da seta parte do observador para o objeto e outra do objeto para o observador, e na Fig. 1.4 as setas não relacionam diretamente observador e objeto, elas apenas partem da fonte de luz sem atingir o observador.

Para a construção desses quadros, uti-

lize os seguintes materiais:

- 4 placas de papelão de dimensões 32 cm por 28 cm;
- Adesivos de quatro cores diferentes (verde, preto, vermelho e amarelo);
- Duas placas de papelão, cada uma medindo 18 cm por 20 cm;
- Tesoura;
- Cola.

Para confeccionar os quadros, siga os passos: (1) recorte em uma das placas de papelão de 18 cm por 20 cm, seis setas com 8 cm de comprimento, duas com 16 cm de comprimento e uma com 4 cm de comprimento; (2) cole sobre as setas o adesivo vermelho; (3) recorte na outra placa de papelão de 18 cm por 20 cm, quatro siluetas de homenzinhos com 11 cm de altura e quatro siluetas de troncos de árvores com a mesma medida; (4) cole sobre os homenzinhos e sobre os troncos o adesivo preto; (5) recorte o adesivo verde no formato da copa de uma árvore. Fazer quatro copas; (6) recorte pequenos pedaços do adesivo verde. Dobre-os e cole-os sobre as copas de cada árvore a fim de representar tatilmente as folhas; (7) para representar o Sol, faça com os adesivos amarelos, quatro esferas; (8) cole sobre o papelão de dimensões 32 cm por 28 cm a representação do Sol, do homenzinho e da árvore. Em um dos cantos superiores do papelão, cole a representação do Sol. No canto inferior e diametralmente oposto, cole a representação da árvore. Por fim, no outro canto inferior, cole a representação do homenzinho; (9) cole nos quatro

quadros as setas com as seguintes configurações: quadro 1: uma seta do Sol para a árvore e outra da árvore para o homenzinho; quadro 2: uma seta do homenzinho para a árvore e outra no sentido contrário; quadro 3: uma seta do Sol para a árvore e outra do homenzinho para a árvore; quadro 4: uma seta do Sol para a árvore, outra do Sol para o homenzinho e duas partindo do Sol e indo entre a árvore e o homenzinho.

Pode-se conduzir a atividade da seguinte maneira: (1) apresente individualmente aos alunos com deficiência visual os quadros de 1 a 4. Se existir na sala mais de um aluno com deficiência visual, é conveniente que você disponha de mais de um conjunto de quadros. Para os alunos videntes, você poderá fazer registros desses quadros na lousa ou ainda projetá-los por meio de *data show*; (2) faça aos alunos a questão: (a) Qual desses quadros representa melhor a ocorrência da visão? (deixe os alunos com deficiência visual tocarem livremente os quadros, assim eles poderão identificá-los e diferenciá-los); (3) proporcione um momento para que todos os alunos apresentem suas respostas e justificativas para a questão apresentada no item 2; (4) finalizando, realize entre os alunos um debate acerca de suas respostas à questão do item 2. Nesse debate, você poderá apresentar outras duas questões complementares: São elas: (b) Para você o que é a visão? (c) Para você como ocorre a visão?

Atente-se ao fato de estar trabalhando o tema “visão” junto a um aluno que não enxerga. Por isso, valorize suas respostas, bem como, as dos alunos videntes. É por meio do debate entre discentes com e sem deficiência visual que o conhecimento sobre visão do aluno cego será construído. Após o debate, você poderá apresentar o modelo correto. Não faça isso de forma autoritária, procure sempre apresentar os modelos científicos por meio da argumentação e do convencimento.

Artefato 2: raio de luz

A Fig. 2 traz representações táteis e visuais sobre raio de luz e suas combinações, paralelos, convergentes e divergentes.

Para a construção do artefato 2, os seguintes materiais devem ser utilizados:

- Placa de papelão de 40 cm por 40 cm;
- Cartolina preta de 40 cm por 40 cm;
- Quatro metros de Barbante;
- Cola;
- Uma folha de sulfite;
- Régua;
- Lápis.

De posse desses materiais, você poderá

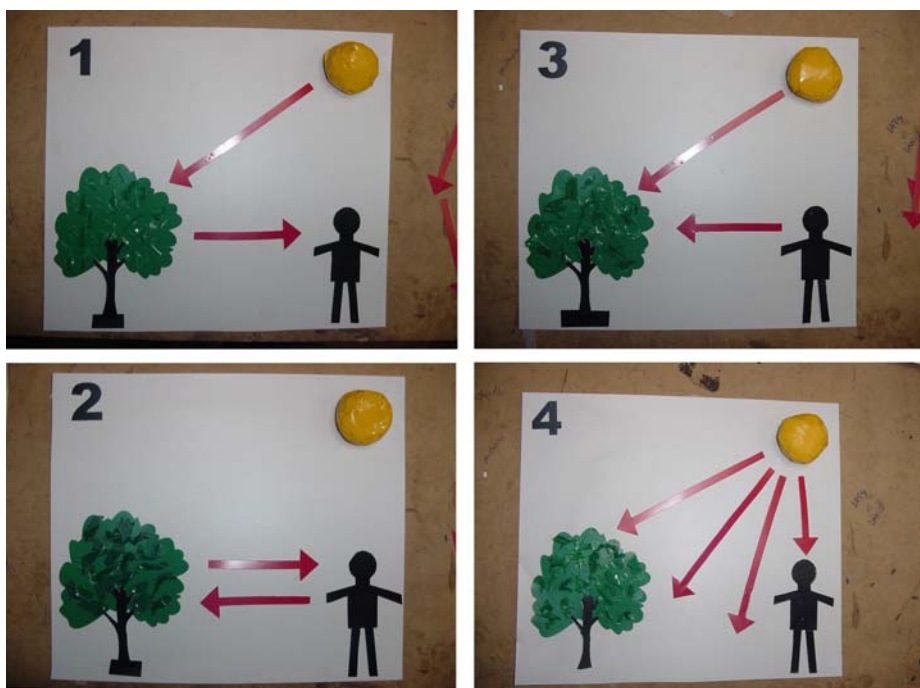


Figura 1. Quadros para identificação do conhecimento prévio dos alunos com e sem deficiência visual sobre a ocorrência da visão.

construir o artefato da seguinte maneira: (1) cole a cartolina preta sobre o papelão e em seguida divida-os em quatro partes (estrutura de papelão) iguais; (2) recorte fitas do papel sulfite de 3 cm por 18 cm e escreva nessas fitas os seguintes dizeres: 'feixe de raios paralelos', 'raio de luz', 'feixe convergente' e 'feixe divergente'. Como sugestão, tais dizeres poderiam ser escritos em tinta e em braille, o que facilitaria a identificação do aluno com deficiência visual; (3) cole uma fita com os mencionados dizeres em cada estrutura de papelão recortado; (4) recorte 20 pedaços de barbante com 20 cm de comprimento cada; (5) com o auxílio da régua e do lápis, trace nas estruturas de papelão, esquemas dos feixes paralelos, convergentes, divergentes e do raio de luz; (6) com o auxílio da cola, fixe os pedaços de barbante sobre os esquemas dos feixes paralelos, convergentes, divergentes e do raio de luz.

Por fundamentar-se em registros táteis e visuais, este artefato cria um canal de comunicação para que o professor explique ao aluno com deficiência visual que a reta que representa o raio de luz indica a direção de sua trajetória de propagação. Porém, antes de apresentar as definições, é conveniente que os alunos exponham suas idéias e conceitos sobre luz. Tal exposição é muito importante para os alunos cegos de nascimento, pois o conhecimento deles sobre luz é influenciado pelas descrições das pessoas que enxergam. Por

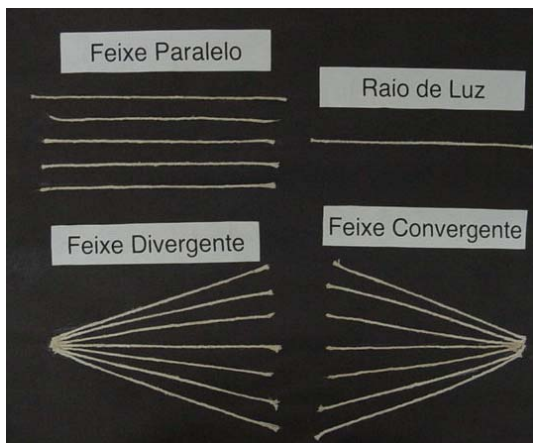


Figura 2. Representação tátil-visual de raio de luz e suas combinações, paralelos, convergentes e divergentes.



Figura 3. Representação tátil-visual do fenômeno de reflexão regular.

outro lado, é importante conhecer algumas das idéias dos alunos com e sem deficiência visual sobre luz. O conhecimento dessas idéias pode orientar as explicações que o professor apresentará. Para tanto, organiza-se um debate entre os alunos com e sem deficiência, e neste debate, discute-se questões relacionadas à luz. Sugirimos as seguintes questões (é claro que o professor poderá elaborar outras): (a) Em sua opinião o que é a luz? (b) Para você, a luz se movimentava? Como?

Artefato 3: reflexão regular

O artefato 3, visto na Fig. 3, visa auxiliar o professor em atividades de ensino que abordem o fenômeno da reflexão da luz.

Para construir o artefato 3, utilize os seguintes materiais:

- Placa de papelão (fundo branco) de 40 cm por 40 cm;
- 80 cm de barbante;
- Fita adesiva;
- Cola para colar papel;
- Uma folha sulfite;
- Régua;
- Lápis;
- Estilete.

Monte o artefato da seguinte forma: (1) com o auxílio da régua e do lápis, trace na parte inferior da estrutura de papelão, uma margem de 5 cm; (2) sobre essa margem, cole a fita adesiva; (3) utilizando a régua e o lápis, e obedecendo as leis da reflexão regular (ângulo de incidência igual ao de reflexão), trace os raios incidente e refletido sobre a fita colada; (4) cole os pedaços de barbante sobre estes traços.

Utiliza-se o artefato no seguinte contexto educacional: (1) organize grupos de alunos. É importante que os grupos sejam formados por alunos com e sem deficiência visual; (2) apresente um espelho plano aos alunos videntes e solicite para que eles olhem o espelho de frente e de lado; (3) apresente aos alunos videntes a seguinte questão: (a) Por que quando você olha de frente para o espelho você vê seu rosto e de lado, não? (4) apresente aos alunos com deficiência visual as seguintes questões: (b) O que você acha que é um espelho? (c) Por que você acha que as pessoas usam o espelho? (d) Para você, o que acontece no espelho quando as pessoas olham para ele? Por que acontece isso? (e) O que é para você uma imagem? (f) Qual é a diferença entre um espelho e um pedaço de vidro? Para explicar

aos alunos com e sem deficiência visual o fenômeno da reflexão, utilize o artefato. Para o caso dos alunos com deficiência visual, faça-os tocar na estrutura tátil da maquete. Este material, as questões e a atividade em grupo darão condições para que você trabalhe os fenômenos da reflexão regular e da formação de imagem em espelhos planos junto aos alunos com e sem deficiência visual. Atente-se ao fato de que os alunos cegos de nascimento abordarão um fenômeno não observado diretamente por eles. Por isto, valorize e utilize as opiniões desses alunos durante o processo de ensino. Valorize também as descrições apresentadas pelos alunos videntes. Este processo descritivo é importante, pois, é pela fala dos alunos videntes que significados visuais do fenômeno da reflexão chegarão aos alunos cegos de nascimento. Para finalizar, organize na sala de aula um debate geral entre os grupos de alunos. Durante este debate, você poderá trazer informações sobre os fenômenos da reflexão e da formação de imagem, seguro de que os alunos com deficiência visual não estarão abordando algo desconhecido deles.

Artefato 4: refração da luz

O artefato 4, visto na Fig. 4, traz representações táteis e visuais do fenômeno da refração da luz.

Para construir o artefato 4, utilize os seguintes materiais:

- Placa de papelão (fundo branco) de 40 cm por 40 cm;
- 40 cm de barbante;
- Uma folha de papel celofane azul;
- Fitas adesivas coloridas (3 cores distintas para confeccionar faixas estreitas);
- Régua;
- Cola;
- Lápis;
- Folha de papel sulfite.

Para montar o artefato, siga os procedimentos descritos: (1) divida o papelão ao meio, marcando com o lápis uma linha divisória; (2) sobre esta linha, cole uma fita de 1 cm de largura e 40 cm de comprimento. Esta fita representará o dióptro plano (superfície de separação entre os meios); (3) de forma aleatória, escolha uma das metades para ser o meio mais refringente e a outra o menos refringente; (4) utilizando lápis e régua, trace a normal à superfície de separação dos meios, o raio incidente, o raio refratado, bem como o prolongamento da trajetória do raio de luz incidente após a refração; (5) sobre o traçado da reta normal, cole uma fita de largura menor e de cor diferente da utilizada como dióptro plano; (6) sobre o

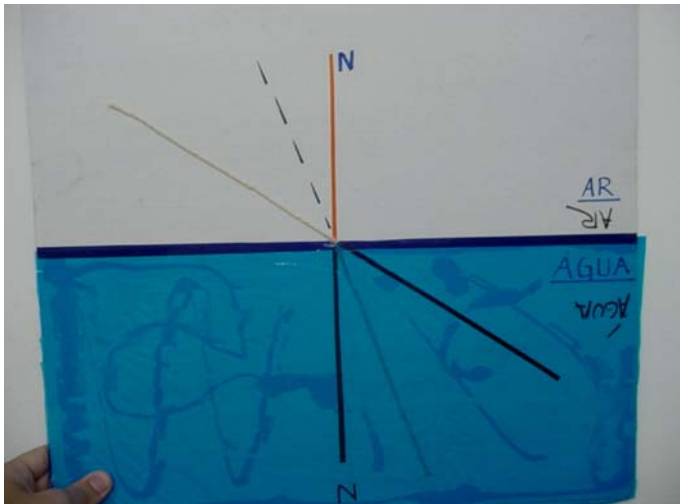


Figura 4. Representação tátil-visual do fenômeno da refração da luz.

traçado do prolongamento do raio incidente, cole uma fita adesiva de cor diferente das fitas utilizadas para representar a reta normal e o dióptro plano; (7) sobre os traçados dos raios incidentes e refratados, cole pedaços de barbantes; (8) na parte da maquete que representará o meio “água”, cole o papel celofane azul. Para que tanto o barbante quanto as fitas adesivas possam ser percebidas tátilmente, tome o cuidado de esticar bem o papel celofane; (9) escreva em fragmentos da folha sulfite as palavras: ar e água. Cole esses fragmentos nas partes que representam os meios ar e água. Isto identificará visualmente os referidos meios. Preferencialmente, escreva essas palavras em tinta e em braile. Isto facilitará a identificação dos meios pelo aluno com deficiência visual.

Pode-se utilizar este artefato no seguinte contexto educacional: (1) apresente aos alunos videntes um copo cheio de água com um lápis colocado de forma inclinada em seu interior; (2) peça aos alunos videntes para que descrevam como aparenta estar o lápis, se reto ou torto; (3) pergunte a eles, bem como aos alunos com deficiência visual: na opinião de vocês o lápis realmente entorta quando imerso em água, ou apenas aparenta estar torto? Por quê? É conveniente mostrar aos alunos o lápis antes dele ser colocado dentro do copo. Para o caso dos alunos com deficiência visual, deixe-os tocar o lápis; (4) promova entre os alunos um debate sobre suas opiniões acerca do lápis torto ou reto. Tome o cuidado de fazer com que os alunos com deficiência visual apresentem suas opiniões e dúvidas. Como esses alunos estarão discutindo um fenômeno não observado por eles, é muito importante que eles conheçam os relatos dos alunos videntes. Na mesma medida, é

muito importante que suas interpretações venham à tona a fim de que você tenha subsídios para o tratamento das mesmas; (5) utilize o artefato 4 para explicar aos alunos o motivo do lápis parecer torto dentro do copo. Faça os alunos com deficiência visual tocarem o artefato e perceberem a mudança de direção do raio de luz ao passar da água para o ar; (6) utilize o artefato 4 para explicar aos alunos que a luz pode afastar-se ou aproximar-se da normal, dependendo do sentido de propagação dos raios de luz (do meio mais para o menos refringente ou do meio menos para o mais refringente). Para tanto, você pode apresentar o artefato na posição conveniente. Para finalizar, explique aos alunos que, na refração, somente ocorre desvio da luz quando esta incide obliquamente na superfície de separação de dois meios físicos. Quando a luz incide perpendicularmente à superfície, ocorre a refração, contudo, sem desvio, apenas com

variação de sua velocidade de propagação.

Artefato 5: dispersão da luz

Este artefato, visto na Fig. 5, é tridimensional. Traz representações táteis e visuais do fenômeno da dispersão da luz em um prisma.

Para construir o artefato 5, utilize os seguintes materiais:

- 2 metros quadrados de chapa de acrílico de 1 mm (ou material semelhante);
- Cola de silicone (cola quente);
- 4 metros de barbante;
- Três tubos de guache nas cores primárias.

A fim de montar o artefato, siga os procedimentos descritos: (1) recorte no acrílico dois triângulos equiláteros com aresta de 16 cm, dois retângulos de 16 cm por 10 cm, um retângulo de 20 cm por oito cm e outro retângulo de 45 cm por oito cm; (2) corte sete barbantes de 70 cm de comprimento; (3) cole com a cola de silicone os acrílicos triangulares aos retangulares de 16 cm x 10 cm de modo a formar um prisma sem o fundo; (4) depois de colados, fure um dos retângulos em seu centro (o furo deve ser suficiente para a passagem de sete barbantes entrelaçados). No outro retângulo, faça sete furos equidistantes, de forma que passe por cada furo apenas um barbante; (5) enrole os barbantes e passe pelo furo maior. Os barbantes enrolados representarão o raio de luz branca; (6) cole no prisma, do lado onde existe apenas um furo, o retângulo de acrílico de 20 cm x 8 cm. Faça um outro furo, próximo a uma das pontas, para a passagem dos 7 barbantes trançados; (7) passe os barbantes por esse furo e cole-os de modo que fiquem fixos nas duas pontas. Está pronto o feixe de raio incidente;

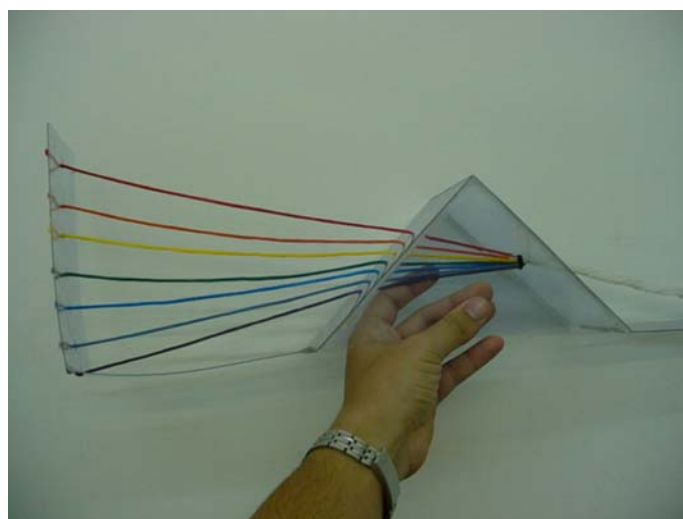


Figura 5. Representação tátil-visual da dispersão da luz branca em um prisma.

(8) dentro do prisma (sem fundo), separe os barbantes e utilize o guache com as cores primárias para produzir as 7 cores do arco-íris (vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta); (9) pinte o restante dos barbantes, cada um com uma cor. Siga a seqüência das cores do arco-íris; (10) passe os barbantes pelos furos do outro lado do prisma seguindo a ordem do arco-íris, ou seja, o violeta na parte inferior e o vermelho na parte superior (ver seqüência no item 8); (11) cole do lado do prisma onde estão os sete furos o retângulo maior (45 cm x 8 cm) e dobre-o ao meio, formando um "L"; (12) na parte do L que ficou para cima, faça novamente sete furos equidistantes, tomando o cuidado de espaçá-los mais que os contidos no interior do prisma; (13) passe os barbantes por estes furos na mesma ordem que os que saíram do prisma, fixando-os ao acrílico.

Este artefato poderá ser utilizado no seguinte contexto educacional: (1) coloque um prisma de água sobre um retroprojetor ligado e peça para os alunos videntes observarem as características da luz emitida. Nessas condições, a luz do retroprojetor, ao passar pelo prisma, será decomposta nas cores do arco-íris, que aparecerão na tela de projeção; (2) peça aos alunos videntes para que descrevam suas observações; (3) peça aos alunos videntes para que relacionem suas observações a algo conhecido deles. Muito provavelmente, eles relacionarão suas observações ao fenômeno do arco-íris; (4) pergunte a todos os alunos o que é o arco-íris, o porquê de suas cores, da sua forma, quando ele aparece, etc. Essas questões são muito importantes por dois motivos: (a) Como os alunos com deficiência visual estarão abordando um fenômeno não observado por eles, as declarações dos alunos videntes estarão descrevendo caracte-

rísticas inerentes a tal fenômeno. Isto é importante para que os alunos com deficiência visual elaborem idéias iniciais acerca do tema tratado. (b) O professor terá acesso às idéias prévias dos alunos com deficiência visual, e isto é fundamental à qualidade das orientações que serão prestadas a eles; (5) utilize o artefato 5 para a explicação do fenômeno da dispersão da luz. Note que esse artefato, por trazer registros táteis e visuais, poderá ser utilizado para a orientação de todos os alunos, com ou sem deficiência visual. Explore junto aos alunos o referencial tátil oferecido pelo artefato. Tem-se notado que o tato é um sentido muito importante para a construção de conhecimento científico, já que é potencialmente analítico e detalhista [4]. Dessa forma, as idéias geométricas do fenômeno da dispersão seriam mais adequadamente abordadas pela via tátil do que pela visual. Dentre tais idéias, destacam-se: (a) A luz branca é policromática, e (b) A luz branca é decomposta ao passar pelo prisma. Verifica-se que quando o aluno toca em registros táteis dos fenômenos mencionados, ele cria significados melhor estruturados do que os obtidos pela observação visual, que, em geral, é mais sintética.

Artefato 6: câmara escura de orifício

Para construir o artefato tátil-visual da câmara escura (Fig. 6), utilize os seguintes materiais:

- Placa de papelão (fundo branco) de 20 cm por 40 cm;
- Duas placas quadradas de papelão de 10 cm;
- Uma placa quadrada de cartolina preta de 10 cm;
- Um metro de barbante;
- Cola;
- Régua;

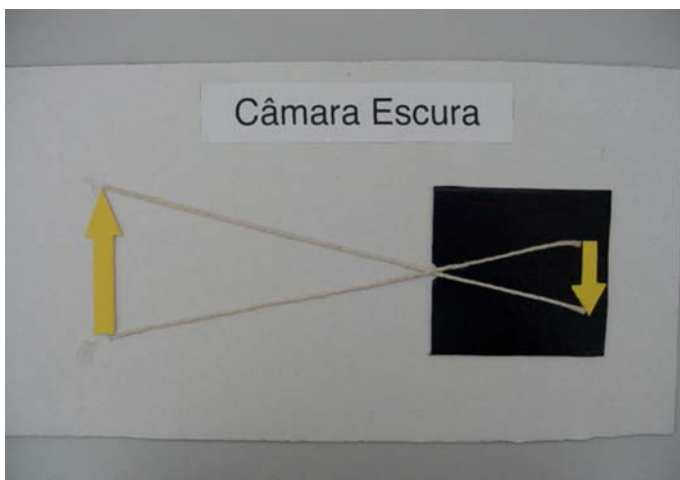


Figura 6. Representação tátil-visual de uma câmara escura.

- Lápis;
- Tinta guaxe amarela.

A confecção do artefato deve seguir os seguintes passos: (1) recorte, em uma das placas de papelão de 10 cm x 10 cm, duas setas, sendo uma a metade do tamanho da outra. Com a tinta, pinte as duas de amarelo; (2) cole a cartolina preta de 10 cm x 10 cm sobre a outra placa de papelão de 10 cm x 10 cm; (3) próximo a uma das extremidades da placa de papelão de 20 cm x 40 cm, cole o papelão com a cartolina preta. Próximo à outra extremidade, cole a seta maior; (4) sobre o papelão com a cartolina preta, cole com a ponta para baixo, a seta menor; (5) trace com a régua e o lápis uma linha que ligue as pontas das duas setas e outra que ligue suas bases; (6) com o auxílio da cola, fixe os barbantes sobre estas linhas.

Este artefato também serve para representar a máquina fotográfica e a formação de imagem no olho humano. Ele criará uma interface tátil com os alunos cegos e uma interface tátil-visual com os alunos videntes. Deixe os alunos com deficiência visual explorarem bem o artefato, conduza suas mãos ao longo do material, detalhando características e propriedades que você deseja ensinar. Dentre essas características, destacamos a comparação entre as dimensões do objeto e da imagem, bem como suas posições relativas (invertidas). Pode-se elaborar questões e promover debates. É sempre importante que os alunos com e sem deficiência visual apresentem suas experiências com objetos como máquina fotográfica, posição da imagem no olho humano, etc. Essa troca de experiências entre vidente e deficiente visual é fundamental à construção do conhecimento de óptica pelo aluno que não enxerga.

Artefato 7: espelhos côncavos e convexos

São apresentadas na Fig. 7 as fotos de 1 a 6 e os materiais utilizados na confecção dos mesmos. Esses quadros representam várias possibilidades para a formação de imagens em espelhos côncavo ou convexo. Por isso, a estrutura básica da representação dos espelhos (espelho côncavo ou convexo, eixo principal, centro de curvatura, foco e vértice) é a mesma. O que diferencia os quadros são as posições do objeto e de sua imagem. A Fig. 7.1 representa a formação de imagem em um espelho convexo (com objeto entre o foco e vértice). As Figs. 7.2 a 7.6 representam espelhos côncavos. Na Fig. 7.2, o objeto se encontra antes do centro de curvatura. Na Fig. 7.3, o objeto se encontra sobre o referido centro. Na Fig. 7.4, o objeto se localiza entre o centro de curvatura e o foco. Já a Fig. 7.5 traz

a representação de um objeto posicionado sobre o foco. Por fim, na Fig. 7.6 o objeto se encontra entre o foco e o vértice.

Para construir os quadros, utilize os seguintes materiais:

- Placa de papelão (fundo branco) de 20 cm por 40 cm;
- Placa de papelão (fundo branco) de 20 cm por 5 cm;
- Placa de papelão (fundo branco) de 10 cm por 10 cm;
- Adesivo colorido;
- Papel contact colorido, preto, azul e cinza;
- 5 m de barbante;
- Cola;
- Tinta guaxe (3 cores primárias).

Atente-se ao fato de que a confecção de cada quadro necessita dos materiais listados. Para confeccionar os quadros, siga os procedimentos descritos: (1) recorte o papelão 20 cm x 5 cm no formato da representação do espelho esférico desejado; (2)

com as sobras do papelão utilizado para a construção da representação do espelho, recorte 3 quadrados de 0,5 cm x 0,5 cm; (3) utilizando a tinta guaxe, pinte, com cores diferentes, cada um dos quadrados mencionados. Esses quadrados representarão o centro, o vértice e o foco; (4) recorte uma tira de 40 cm x 0,5 cm do adesivo; (5) cole a fita sobre o papelão de 20 cm x 40 cm de modo a dividi-lo ao meio (cole a fita paralelamente ao lado de 40 cm). A fita representará o eixo principal do espelho esférico; (6) sobre o eixo principal, cole a representação do espelho esférico, bem como do centro de curvatura, do foco e do vértice. Esses pontos devem estar espaçados de forma a não desprezar as leis da óptica geométrica (vértice correspondendo ao ponto de intercessão do eixo principal com a reta tangente ao espelho, e $c = 2f$, onde c representa o centro de curvatura e f o foco do espelho esférico); (7) recorte na placa de papelão de 10 cm x 10 cm duas setas que

representarão, respectivamente, o objeto e a imagem; (8) por meio da lei de Gauss e da equação do aumento linear, as alturas das setas, bem como suas posições relativas ao espelho devem ser calculadas; (9) obedecendo as posições calculadas, cole com o adesivo colorido as setas sobre a placa de papelão de 20 cm x 40 cm; (10) trace sobre o papelão duas linhas que representem raios de luz partindo do objeto: (a) O raio paralelo ao eixo principal, que é refletido passando pelo foco; e (b) O raio que incide no vértice do espelho (ângulo de incidência igual ao de reflexão); (11) após desenhar a representação dos mencionados raios luminosos, cole sobre elas os barbantes.

Variando a posição do objeto em relação ao espelho, pode-se construir quadros que representem os principais esquemas de formação de imagem em espelhos côncavo e convexo.

Apresente os quadros aos alunos com deficiência visual, deixe-os tocar detalhadamente nos mesmos, conduza suas mãos sobre os elementos constituintes dos quadros, explique o processo de formação de imagem, defina imagem real, virtual, trabalhe o tema das posições das imagens, etc. É conveniente levar para a sala de aula espelhos reais, promover momentos onde os alunos videntes olhem para esses espelhos e verifiquem as características das imagens. Também pode-se promover um debate entre os alunos. Nesse debate, peça aos alunos videntes para que descrevam o que observaram nos espelhos esféricos; incentive os alunos com deficiência visual a apresentarem o que compreenderam das observações dos quadros, apresente para discussão aplicações práticas dos espelhos esféricos, como as seguintes: utilização do espelho convexo como retrovisor de carros, sistema de segurança em estabelecimentos comerciais, etc., e utilização de espelhos côncavos em telescópio, espelho de ampliação para maquiagem, etc. É claro que pode-se trazer para debate outras situações práticas dos espelhos esféricos. Portanto, seja criativo.

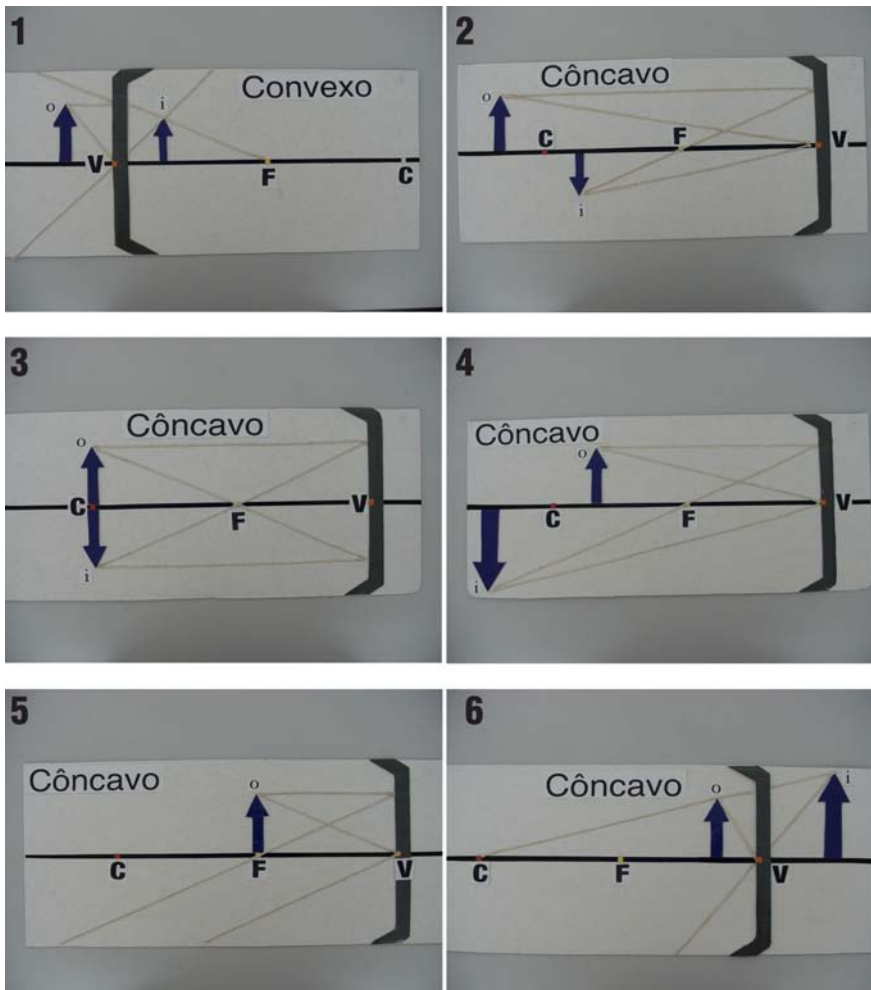


Figura 7. 1. Espelho convexo (objeto entre o foco e o vértice). 2. Espelho côncavo (objeto localizado antes do centro de curvatura). 3. Espelho côncavo (objeto localizado sobre o centro de curvatura). 4. Espelho côncavo (objeto localizado entre o centro de curvatura eo foco). 5. Espelho côncavo: (objeto sobre o foco). 6. Espelho côncavo (objeto localizado entre o foco e o vértice).

Referências

- [1] Brasil, Decreto n. 3.298, de 20 de dezembro de 1999. 2004. Disponível em <http://www.cedipod.org.br>.
- [2] Brasil, Lei n. 9.394, de 20/12/1996. Fixa diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 248, de 23/12/1996.
- [3] S.M. Goulart, E.C.N. Dias e S.L.S. Barros, Caderno Catarinense de Ensino de Física **6**, 9 (1989).
- [4] M.A. Soler, *Didáctica Multisensorial de las Ciencias* (Ediciones Paidós Ibérica S.A, Barcelona, 1999).