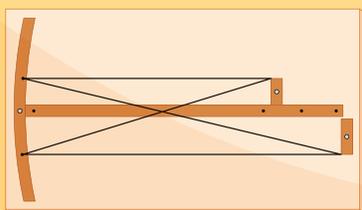


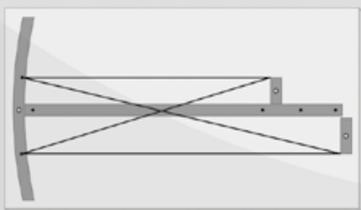
ENSINO DE FÍSICA MULTISSENSORIAL

Eder Pires de Camargo



ENSINO DE FÍSICA MULTISSENSORIAL

Eder Pires de Camargo



encontrografia

Copyright © 2022 Encontrografia Editora. Todos os direitos reservados.

É proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem a expressa autorização dos autores e/ou organizadores.

Editor científico

Décio Nascimento Guimarães

Editora adjunta

Gisele Pessin

Coordenadoria técnica

Gisele Pessin

Fernanda Castro Manhães

Design

Nadini Mádhava

Foto de capa: Nadini Mádhava

Assistente de revisão

Tassiane Ribeiro

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Camargo, Eder Pires de
Ensino de física multissensorial
[livro eletrônico] / Eder Pires de Camargo. --
Campos dos Goytacazes, RJ : Encontrografia
Editora, 2022.
PDF.

ISBN 978-65-88977-72-9

1. Física - Estudo e ensino I. Título.

22-111521

CDD-530.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Física : Estudo e ensino 530.7

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

DOI: 10.52695/978-65-88977-72-9

encontrografia

Encontrografia Editora Comunicação e Acessibilidade Ltda.
Av. Alberto Torres, 371 - Sala 1101 - Centro - Campos dos Goytacazes - RJ
28035-581 - Tel: (22) 2030-7746
www.encontrografia.com
editora@encontrografia.com

Comitê científico/editorial

Prof. Dr. Antonio Hernández Fernández – UNIVERSIDAD DE JAÉN (ESPANHA)
Prof. Dr. Carlos Henrique Medeiros de Souza – UENF (BRASIL)
Prof. Dr. Casimiro M. Marques Balsa – UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA (PORTUGAL)
Prof. Dr. Cássius Guimarães Chai – MPMA (BRASIL)
Prof. Dr. Daniel González – UNIVERSIDAD DE GRANADA (ESPANHA)
Prof. Dr. Douglas Christian Ferrari de Melo – UFES (BRASIL)
Prof. Dr. Eduardo Shimoda – UCAM (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Emilene Coco dos Santos – IFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Fabiana Alvarenga Rangel – UFES (BRASIL)
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – UNIR (BRASIL)
Prof. Dr. Francisco Antonio Pereira Fialho – UFSC (BRASIL)
Prof. Dr. Francisco Elias Simão Merçon – FAFIA (BRASIL)
Prof. Dr. Iêdo de Oliveira Paes – UFRPE (BRASIL)
Prof. Dr. Javier Vergara Núñez – UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA (CHILE)
Prof. Dr. José Antonio Torres González – UNIVERSIDAD DE JAÉN (ESPANHA)
Prof. Dr. José Pereira da Silva – UERJ (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Magda Bahia Schlee – UERJ (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Margareth Vetus Zaganelli – UFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Martha Vergara Fregoso – UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA (MÉXICO)
Prof.^a Dr.^a Patricia Teles Alvaro – IFRJ (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Barbosa Paiva Magalhães – UFRN (BRASIL)
Prof. Dr. Rogério Drago – UFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Shirlena Campos de Souza Amaral – UENF (BRASIL)
Prof. Dr. Wilson Madeira Filho – UFF (BRASIL)

Este livro passou por avaliação e aprovação às cegas de dois ou mais pareceristas *ad hoc*.

Sumário

Apresentação	9
1. Axioma e categorias semântico-sensoriais dos significados conceituais físicos	13
Eder Pires de Camargo	
2. Experimentos multissensoriais para o ensino de aceleração e velocidade.....	22
Eder Pires de Camargo	
3. Experimento tátil-visual para o estudo de interações entre objetos e o conceito de força	33
Luiz Ferreira Neto André Tato Eder Pires de Camargo	
4. Enfoques auditivo e tátil do movimento	52
Victor Marcelo Vicentini Cavalcante Vitor Hugo Apolinário André Tato Eder Pires de Camargo	
5. Experimentos multissensoriais para o ensino de transformação da Energia	59
André Ramalho dos Santos Danilo de Freitas Oliveira Maykon André Montanhera André Tato Julio Cesar Queiroz de Carvalho Eder Pires de Camargo	

6. Construção analógica do conceito de branco 71

André Luis Tato
Eder Pires de Camargo

7. Maquetes tátil-visuais para o ensino de espelhos esféricos e fibra óptica 74

Melina Machado Agostini
Rogério Perego e Silva
Diego de Alcântara
Gabriel Fernando Soares Santos
Julio Cesar Queiroz de Carvalho
André Luis Tato
Eder Pires de Camargo

8. Maquete tátil-visual para o ensino de sombra 89

Mauricio Grisi Cavalheiro
Cesar Eduardo Gagliardo Junior
André Luis Tato
Eder Pires de Camargo

9. Maquete tátil-visual para o ensino de resistor e de associação de resistores 100

Éder Alves Pereira
Jefferson Yoshio Ocawada
Rodolfo Cesar Cestari
Eder Pires de Camargo

10. Representação multissensorial de dipolo e linhas de campo magnético108

Bruno José Corrêa
Marcos Paulo Segantini dos Santos
Rafael Augusto dos Anjos Rosa
Eder Pires de Camargo

Sobre os autores118

Apresentação

A investigação de pós-doutorado que realizei entre os anos de 2005 e 2010 (CAMARGO, 2012) mostrou que licenciandos, quando desafiados a lecionar física para alunos com deficiência visual, avaliam que seria preciso planejar e construir dois materiais e dois métodos de ensino para atender às suas necessidades. Como resultado, construíram um ambiente segregado no interior da sala de aula. Ou seja, os licenciandos fizeram maquetes tri e bi-dimensionais sobre representações de fenômenos e conceitos físicos, e esses materiais eram, inicialmente, trabalhados com os estudantes com deficiência visual de forma simultânea, porém, separada da aula dos videntes.

A esse problema educacional chamou-se “modelo quarenta mais um”, em que o “quarenta” diz respeito à média de alunos videntes de uma sala de aula e o “um” ao estudante com deficiência visual, somado à ideia de que este, de fato, não pertence à aula principal e que o docente terá um trabalho adicional. O modelo focalizado transforma-se num problema ao professor de física, na medida em que ele, ao ficar sabendo que terá um discente com deficiência visual em sua classe regular, pensa que terá que construir dois materiais, dois experimentos, preparar duas aulas, uma para o indivíduo com cegueira ou baixa visão, e outra para os videntes.

Posteriormente, as maquetes de física, nos momentos livres das atividades, passariam a ser tocadas e visualizadas pelos videntes. Os licenciandos,

ao observarem a motivação desses estudantes para com os materiais táteis-visuais, começariam a utilizá-los como seu material instrucional. Também os usariam em atividades conjuntas, das quais participavam todos os alunos. Isso foi denominado de “viabilidade de utilização” (CAMARGO, 2012).

Não significa que, no processo de ensino de física, tudo seja comum entre alunos com e sem deficiência visual. Existem especificidades dos estudantes cegos e com baixa visão. A escrita em Braille, a escrita de equações matemáticas no computador, o processo de cálculo denominado sorobã e os textos ampliados são exemplos dessas diferenças (CAMARGO, 2016). Assim, interpreto identidade e diferença como duas faces da mesma moeda, representando relação indissociável para a promoção de educação inclusiva.

O livro contribui com a superação do “modelo 40 + 1”, apresentando materiais comuns para o ensino de física de alunos videntes, cegos e com baixa visão. Da continuidade à apresentação de maquetes e experimentos multissensoriais de física iniciada em Camargo (2016). Traz aos professores materiais acessíveis para estudantes com e sem deficiência visual, planejados e construídos com o auxílio de ex-alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP de Ilha Solteira, de um técnico de laboratório da referida instituição e de ex-orientandos de doutorado.

Desde 2008 ofereço, na UNESP de Ilha Solteira, disciplina que possui objetivo de refletir sobre questões ligadas ao ensino de ciências/física de alunos público-alvo da educação especial. Um dos focos da disciplina é a produção de maquetes ou experimentos que possam ser utilizados junto a discentes com e sem deficiência visual. Um dos referenciais teóricos centrais para a produção desses materiais é a multissensorialidade. Detalharei este referencial teórico no capítulo 1. Encontre, no link abaixo, descrição da estrutura da disciplina mencionada (CAMARGO, 2020).

<https://drive.google.com/file/d/1Nzh2I4LH7g9h2H4qbcNFTWD9rgsezfID/view?usp=sharing>

Os materiais são apresentados em nove capítulos. Os de 2 a 5 descrevem experimentos para o ensino de conteúdos de mecânica. Os de 6 a 10 trazem maquetes sobre os conteúdos de óptica e eletromagnetismo. No capítulo 1 apresento o referencial teórico sobre inclusão, multissensorialidade, representação e percepção.

O capítulo 2 descreve dois experimentos que objetivam trabalhar os conceitos de aceleração e velocidade. Esses experimentos exploram a sensação auditiva como referencial observacional. A sensação tátil também é requisitada na realização de medições indiretas de tempos e distâncias, e portanto, na posterior obtenção de valores de velocidade e aceleração, bem como, na observação qualitativa da intensidade do peso de objetos.

No capítulo 3, apresento um experimento que trabalha o conceito de interação entre objetos. O texto aborda forças provenientes de interações por contato, como é o caso das forças de atrito e normal, bem como, forças provenientes de interações à distância, como as forças peso e magnética.

O capítulo 4 descreve um experimento que possibilita, a partir de referenciais auditivos e táteis, a observação de características do movimento e de sua causa. Por exemplo, por meio do referencial auditivo, é possível a observação de velocidades constantes e variadas, e por meio do tato, a observação qualitativa da intensidade de força.

No capítulo 5, em dois experimentos, a transformação da energia é abordada. A audição e o tato são explorados como referenciais comparativos de transformação das energias potencial e cinética. Também é possível explorar o referencial tátil para a observação de intensidades de força e deformação produzidas em elástico. Este capítulo apresenta, pela primeira vez no livro, equações matemáticas acessíveis para estudantes com deficiência visual.

O capítulo 6 descreve uma atividade que aborda o conceito de branco. Seu objetivo é proporcionar condições para que o discente cego nativo construa, de forma analógica, este conceito.

O capítulo 7 explora conceitos que ocorrem em espelhos esféricos e na fibra óptica. Traz maquetes tátil-visuais que representam, respectivamente, o processo de formação de imagem em espelho esférico e a reflexão total no interior de um jato d'água.

O conceito da sombra é trabalhado no capítulo 8. Nele, é apresentado maquete tátil-visual que representa o processo de formação de região de sombra de objeto posicionado próximo à fonte pontual de luz.

O capítulo 9 traz maquetes para o ensino de resistor e de ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES. Enfoca *representações tátil-visuais de resistores elétricos e circuitos em série e em paralelo*.

Por fim, o capítulo 10 apresenta maquetes para o ensino de *dipolo e linhas de campo magnético*. Explora o conceito da inexistência dos monopólos magnéticos e as características das linhas de campo magnético.

Com o livro, objetivo contribuir para a promoção de aulas inclusivas de física, nas quais estudantes com e sem deficiência visual participem efetivamente.

Prof. Dr. Eder Pires de Camargo.

Referências

CAMARGO, E. P. Inclusão de alunos com e sem deficiência visual em aulas de Física: a estrutura de uma disciplina como alternativa à formação docente. *In*: SHIGUNOV NETO, Alexandre; COELHO, André da Silva; STRIEDER, Dulce Maria; FORTUNATO, Ivan (org.). **A formação de professores de Física em discussão: passado, presente e perspectivas**. 1. ed. Itapetininga: Edições Hipótese, 2020.

CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2012.

1. Axioma e categorias semântico-sensoriais dos significados conceituais físicos

Eder Pires de Camargo

Neste capítulo, apresentarei o axioma atribuído aos significados conceituais físicos e descreverei as categorias semântico-sensoriais utilizadas para a interpretação de alguns desses significados (CAMARGO, 2012). Também trarei, de forma sintética, as definições de inclusão, multissensorialidade, percepção e representação que serão empregadas no livro.

Inclusão no ensino de Física

A diversidade, parte integral da ontologia humana, tem por referencial central a multiplicidade e convivência de elementos distintos. Ligada às ideias de pluralidade e heterogeneidade, exhibe relações com a comunhão de contrários (não necessariamente entendidos como opostos) e na inter-relação de diferenças (MITTLER, 2003).

A inclusão social, que engloba a inclusão escolar, é fundamentada nas ideias supracitadas. Explicando melhor, entendo inclusão como:

Um paradigma que se aplica aos mais variados espaços físicos e simbólicos. Os grupos de pessoas, nos contextos inclusivos, têm suas características idiosincráticas reconhecidas e valorizadas. Por isto, participam efetivamente. Segundo o referido paradigma,

identidade, diferença e diversidade representam vantagens sociais que favorecem o surgimento e o estabelecimento de relações de solidariedade e de colaboração. Nos contextos sociais inclusivos, tais grupos não são passivos, respondendo à sua mudança e agindo sobre ela. Assim, em relação dialética com o objeto sócio-cultural, transformam-no e são transformados por ele (CAMARGO, 2017, p. 1).

Utilizo três condições para a avaliação da ocorrência de inclusão nos espaços sociais: (1) presença das pessoas com suas múltiplas diferenças; (2) transformação dialética do meio e de seus membros e (3) participação efetiva de todos. Portanto, a presença é necessária, entretanto, a prática inclusiva se consolidará com a transformação dialética social e com a participação efetiva de todos.

No ensino de física, os estudantes com deficiência visual estarão incluídos quando: (1) estiverem presentes na atividade de ensino junto com seus colegas videntes; (2) quando as unidades didáticas forem transformadas (método, materiais, processo de avaliação, comunicação etc.) e (3) quando participarem efetivamente da atividade.

A multissensorialidade (SOLER, 1999) transforma experimentos e maquetes (condição 2) e permite a participação efetiva de estudantes cegos e com baixa visão em aulas de física (condição 3). Representa ainda um elemento identitário entre discentes com e sem deficiência visual, pois, se eles possuem uma diferença (ver e não ver), podem tatear, ouvir, cheirar e degustar (quatro identidades). Na sequência, abordo esse referencial, descrito no livro *Didáctica multissensorial de las ciencias*, publicado em 1999 e de autoria de Miquel Albert Soler Martí.

Multissensorialidade

Soler (1999, p. 32) questiona o fato de o ensino das Ciências Naturais possuir um enfoque em elementos puramente visuais. Como consequência, ocorre a perda de muitas informações não visuais, a falta de motivação nessas disciplinas dos alunos cegos e com baixa visão, uma interpretação tendenciosa do meio ambiente e um entendimento muito reduzido da observação científica, pois essa ação se reduz ao ato de olhar.

Atividades de ensino de Física podem ser construídas sob as bases teóricas da multissensorialidade, levando-se em consideração duas dimensões:

- a. o processo de ensino deve considerar a observação multissensorial de experimentos de fenômenos físicos e/ou de representações conceituais externas da física, que se dão por meio de maquetes:
 - defino por experimento todo material que aproxima observador e fenômeno. O fenômeno será multissensorial quando se mostrar ao observador por meio de mais de uma via perceptual;
 - defino por maquete todo material que apresenta ao observador uma representação do fenômeno ou de seus efeitos. A maquete será multissensorial quando permitir que as representações possam ser observadas por mais de uma via sensorial;
 - destaco que as relações observador/fenômeno e observador/maquete são sempre indiretas, pois, entre eles, atua um elemento interveniente, os signos, ou instrumentos psicológicos de mediação (VIGOTSKI, 2009).
- b. o processo de aprendizagem ocorre por meio da construção multissensorial de representações mentais ou internas, analógicas e não-analógicas, de conceitos físicos, ou seja, a apropriação pelo aprendiz de uma linguagem simbólica e também constituída por imagens mentais visuais, auditivas, táteis etc. (GRECA, 2005).

Representação e percepção¹

A definição de representação aqui utilizada é aquela contida em Eisenck e Keane (1991, p. 202). Segundo os autores, representação é “qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos capaz de representar, mesmo na ausência do representado, algum aspecto do mundo externo ou de nossa imaginação”. Dessa definição, surgem dois tipos de representação: as internas, ou mentais, e as externas. Portanto, representação refere-se a algo que não está presente: externas: palavra, figura, objetos; internas: pensamento sobre o objeto, emoções etc.

As representações externas são classificadas em linguísticas (ou simbólicas) e pictóricas (GRECA, 2005). Por possuírem estruturas semelhantes à do mundo externo, as representações pictóricas são analógicas. A relação entre

a representação externa do tipo pictórica (representante) e o mundo ou estado de coisas (representado) é não arbitrária, ou seja, existe uma relação de semelhança entre o mundo representado e seu representante. Como exemplo de representação pictórica, cito um quadro, uma figura e um desenho.

As representações simbólicas não são analógicas, tendo em vista a arbitrariedade da relação entre o significado linguístico e sua representação (SAUSSURE, 1960 apud GRECA, 2005). Quer dizer, o significado de desenhos, formatos, sons ou gestos que representam uma palavra estabelece relações arbitrárias com essa estrutura empírica. Como exemplo desse tipo de representação, consideremos o som da palavra. O som como algo material é um barulho ou ruído, mas esse som representa algo para aquele que conhece seu significado. Portanto, o significado estabelece relação arbitrária com a estrutura material do som, ou seja, embora o ruído não se assemelhe em nada com a coisa representada, o sujeito o reconhece e o compreende.

As representações mentais não podem ser observadas diretamente e dizem respeito à tradução interna de coisas ou situações do mundo externo (GRECA, 2005). Ocorrem no nível subjetivo da cognição ou do pensamento e se referem “às formas em que codificamos características, propriedades, imagens, sensações etc., de um objeto percebido ou imaginado, bem como, de um conceito abstrato” (EISENCK; KEANE, 1991, p. 202).

Para Moreira (2005), “As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais”. Ou seja, usamos tais representações como referências comparativas para o entendimento do mundo. Isso remete à discussão sobre as representações mentais para um campo muito importante, ou seja, sua relação com a percepção do externo.

Segundo Greca (2005), “as pessoas percebem, pensam e atuam sobre o mundo tendo como base as representações mentais que têm sobre ele”. Moreira (2000, p. 6) esclarece que:

O aprendiz é um perceptor/representador, isto é, ele percebe o mundo e o representa. Quer dizer, tudo que o aluno recebe ele percebe. Portanto, a discussão sobre a recepção é inócua, o importante é a percepção. E o que se percebe é, em grande parte, função de percepções prévias [...] se fosse possível isolar um único fator como o que mais influencia a percepção, dir-se-ia que seria a percepção prévia. Em outras palavras,

o perceptor decide como representar em sua mente um objeto ou um estado de coisas do mundo e toma essa decisão baseado naquilo que sua experiência passada, isto é, percepções anteriores sugerem que irá “funcionar” para ele.

Definidos os conceitos de representação e percepção, apresento, na sequência, o axioma dos significados conceituais físicos.

Axioma dos significados conceituais físicos

Todo conceito da física, em relação aos parâmetros sensorial, social ou abstrato, pode possuir múltiplos significados (CAMARGO, 2012, p. 44).

Do axioma proposto acima, conclui-se que os conceitos físicos são multissignificantes, isto é, não possuem um único significado.

Categorias semântico-sensoriais dos significados conceituais físicos

Camargo (2012) classificou os significados conceituais da Física em quatro categorias: indissociabilidade, vínculo, não relacionabilidade e relacionabilidade sensorial secundária.

Os significados indissociáveis são aqueles cujas representações externas e mentais não podem ser separadas da base empírica que os constitui. Exemplos de conceitos que contêm tais significados são os de cor, para o caso da visão, altura e timbre, em relação à audição, e sensação térmica, para o caso do tato.

Os significados vinculados são aqueles cujas representações externas podem ser permutáveis em relação à base empírica inicial que os constitui. Conceitos que contêm geometrias estáticas e dinâmicas são exemplos de tais significados.

Os significados sem relação sensorial são aqueles independentes de representações empíricas internas e externas. Como exemplo, podemos mencionar os conceitos de campos (elétrico, magnético e gravitacional). Isso implica dizer que conceitos que contêm tais significados, para serem compreendidos, não devem se fundamentar em referenciais empiricamente construídos. Ou seja, esses são significados abstratos e cujas tentativas de representação externa atingem somente um objetivo, o de mostrar como de fato o conceito não é.

Por fim, os significados de relacionabilidade sensorial secundária são aqueles cuja compreensão estabelece com o elemento sensorial uma relação não prioritária. Embora o aprendiz construa representações mentais sensoriais de tais significados, estas não representam pré-requisito central à compreensão do conceito abordado.

Interpretarei três exemplos utilizando as categorias expostas e o axioma atribuído aos significados conceituais físicos.

Exemplo 1: significados da cor branca

Na cultura ocidental, o branco possui significado relacionado à paz, portanto, de relacionabilidade sensorial secundária. Esse significado, embora possa se estruturar em representações mentais do tipo visual, por exemplo, para sujeitos pertencentes a uma cultura visual, não depende prioritariamente desse tipo de representação mental para seu entendimento no plano coletivo social formado por cegos e videntes.

O branco pode também ser entendido em função de uma imagem mental visual, possuindo, dessa forma, significado indissociável de representação visual.

No contexto da óptica, a luz branca pode ser interpretada como a sobreposição das múltiplas cores que compõem o espectro visível da luz. Essa interpretação, portanto, não depende de representações mentais exclusivamente sensoriais e possui significado vinculado às representações visual e tátil.

Exemplo 2: significados do conceito de luz

O principal modelo de explicação da natureza da luz fundamenta-se na dualidade onda-partícula, isto é, em determinados experimentos a luz se comporta como uma onda eletromagnética e, em outros, como partícula (fóton). O significado desses modelos pode ser vinculado às representações visual e tátil, pois é possível representá-los, interna e externamente, em função dos referenciais mencionados. Destacamos que não é possível a observação direta de onda eletromagnética e de fóton; o que se pode observar são suas representações.

Por outro lado, a luz contém significado indissociável de representação visual. Como exemplo, temos as características visuais das cores e o processo da interação luz/matéria (significados de transparência, opacidade e translucidez).

Se o vidente pretender saber como o cego congênito imagina conceitos como cor, transparência, opacidade ou translucidez, não deverá utilizar apoios mnemônicos visuais, pois esses sujeitos não compartilham significados indissociáveis de representações visuais. Há, no entanto, outra categoria que cegos e videntes compartilham. Ela é denominada “significados vinculados às representações visual e tátil” (CAMARGO, 2012). Geometrias estáticas e dinâmicas se enquadram nessa categoria, na qual objetos tridimensionais, por meio da exploração visual e tátil, podem ser percebidos.

Exemplo 3: significados do conceito de força²

As experiências empíricas que estabelecemos com o módulo ou a intensidade de força somente podem se dar pela observação tátil. Não podemos ver intensidade de força, ouvir intensidade de força, cheirar intensidade de força etc. Explicarei melhor essa ideia na sequência.

A ideia de força está relacionada com a de interação. Não faz sentido falar de força sem que consideremos ao menos dois corpos. Se você exerce uma força, exerce em algo ou alguém, que, por sua vez, exerce em você uma força de mesmo módulo e direção, mas de sentido oposto. Note alguns dos exemplos apresentados pelo livro do Sears e Zemansky: rebocador puxando navio, pé que se machuca e dói muito mais quando uma pessoa chuta uma rocha do que quando chuta uma bola de pano, Dificuldade maior de controlar um carro que se desloca sobre uma pista de gelo do que outro que se desloca sobre uma pista de concreto seco (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Em nosso cotidiano, geralmente o entendimento do que é força está ligado a puxões e empurrões, ou seja, à necessidade de um contato entre o que exerce a força e o que a recebe. Sabemos, entretanto, que os objetos podem interagir à distância. Dois ímãs, corpos eletricamente carregados, O Sol e a Terra, a Terra e a Lua etc. exercem forças uns nos outros, mesmo estando separados.

A força pode causar deformação em objetos, mas sua característica central, de acordo com a Física Newtoniana, é a de produzir mudança no estado de movimento de um corpo (se a resultante de forças que agem nele for diferente de zero). Na prática, força está relacionada com ação. Sempre que consideramos exemplos envolvendo forças, empregamos verbos como: empurrar, puxar, chutar, arrastar, controlar, segurar etc., verbos estes geralmente seguidos de advérbios como: maior ou menor dificuldade, facilidade etc.

O conceito de força, portanto, pode ser relacionado com a ação de agente externo que produz mudança ao longo do tempo no estado de movimento de um objeto livre ou com a deformação de um corpo fixo. Força é “qualquer influência que tende a acelerar ou deformar um objeto” (HEWITT, 2002). Sendo uma grandeza vetorial, possui módulo ou intensidade, direção (horizontal, vertical, inclinada etc.) e sentido (da direita para a esquerda, de cima para baixo etc.).

Interpretamos a intensidade de força como de significado indissociável de representação tátil. Sua direção e sentido possuem outro significado, o vinculado às representações visual e tátil. Exemplificando, eu empurro (significado tátil) para lá ou para cá (significado visual ou tátil), eu puxo (significado tátil) para lá ou para cá (significado visual ou tátil), sinto a dificuldade de segurar um pacote de 30 kg (significado tátil), pois a terra exerce força gravitacional nele na direção radial para baixo (significado visual ou tátil).

Método de ensino de Física para alunos com e sem deficiência visual

Finalizando, apresento um link que dá acesso a um livro que contém um capítulo de minha autoria que descreve método para o ensino de Física de estudantes com e sem deficiência visual (CAMARGO, 2019). O método é inclusivo, pois se fundamenta nas três condições para a ocorrência de inclusão: presença do aluno com deficiência visual, transformação das unidades didáticas e participação efetiva do estudante cego ou com baixa visão nas atividades: <http://librum.com.br/educartransformar/info/>.

Você pode utilizar esse referencial teórico na aplicação dos experimentos e das maquetes multissensoriais descritas nos próximos capítulos.

Referências

- CAMARGO, E. P. Metodologia de ensino de física inclusiva: o comum e o específico entre alunos com e sem deficiência visual. *In*: ORRÚ, Sílvia Ester; BOCCIOLESI, Enrico (org.). **Educar para transformar o mundo: inovação e diferença por uma educação de todos e para todos**. 1. ed. Campinas, SP: Librum, 2019.
- CAMARGO, E. P. Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlaces e desenlaces. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 23 n. 1, p. 1-6. jan./mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010001>. Acesso em: 07 set. 2020.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. 1. ed. São Paulo: UNESP Editora, 2012.

- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes mobilizados nos contextos da formação em licenciatura em física e dos estudantes com e sem deficiência visual**. Tese (Livre Docente) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/60318922-Universidade-estadual-paulista-julio-de-mesquita-filho-faculdade-de-engenharia-campus-de-ilha-solteira-eder-pires-de-camargo.html>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- EISENCK, M.; KEANE, M. **Cognitive Psychology: a student's handbook**. London: Erlbaum, 1991.
- GRECA, I. M. Representaciones mentales. In: MOREIRA, M. A. (org.). Representações mentais, modelos mentais e representações sociais: textos de apoio para pesquisadores em educação em ciências. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MITTLER, P. **Educação inclusiva: contextos sociais**. São Paulo: Artmed, 2003.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Peniche. **Atas do [...]**. Peniche: The Meaningful Learning Research Group, 2000. Disponível em: <http://www.mlrg.org/memberpublications/LivroPeniche2000.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- MOREIRA, M. A. **Representações mentais, modelos mentais e representações sociais**. Textos de apoio para pesquisadores em educação em ciências. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2005.
- SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciencias**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.
- VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky Física II: termodinâmica e ondas**. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.

Notas de fim

- 1 A subseção intitulada “Representação e percepção” trata-se de uma adaptação de parte da tese *Saberes docentes mobilizados nos contextos da formação em licenciatura em física e dos estudantes com e sem deficiência visual*, de Camargo (2016).
- 2 A subseção intitulada “Exemplo 3: significados dos conceitos de força” trata-se de uma adaptação de parte da tese *Saberes docentes mobilizados nos contextos da formação em licenciatura em física e dos estudantes com e sem deficiência visual*, de Camargo (2016).

2. Experimentos multissensoriais para o ensino de aceleração e velocidade¹

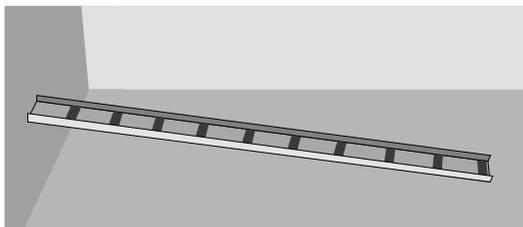
Eder Pires de Camargo

O presente capítulo objetiva dar condições para que estudantes com e sem deficiência visual aprendam os conceitos de aceleração e velocidade. Para tanto, apresenta dois experimentos que viabilizam as observações auditiva e tátil da queda de um objeto, bem como a análise quantitativa desse movimento.

Experimento 2.1: plano inclinado com interface auditiva

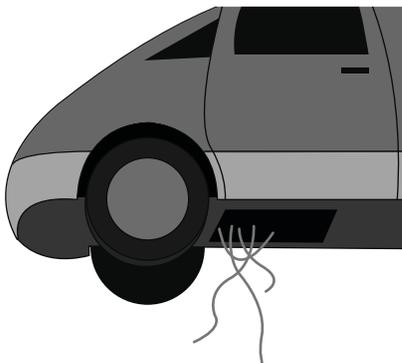
O experimento 2.1 traz um referencial auditivo para o movimento de um carrinho em um plano inclinado.

Figura 2.1 – Plano inclinado com interface sonora



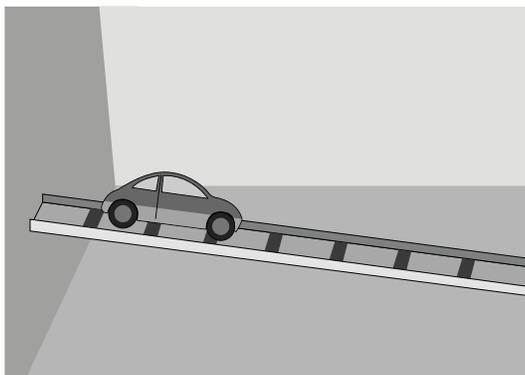
Fonte: elaboração própria.

Figura 2.2 – Carrinho com os fios de ligação expostos



Fonte: elaboração própria.

Figura 2.3 – Carrinho sobre o plano inclinado



Fonte: elaboração própria.

Construção do aparato do experimento 2.1

Materiais a serem utilizados:

- a. superfície de madeira de 2,0 m de comprimento por 15 cm de largura;
- b. fitas de papel alumínio de aproximadamente 15 cm de comprimento por 1 cm de largura;

- c. carrinho de brinquedo com os fios do circuito elétrico expostos (figura 2.2);
- d. duas baterias de 1,5 v para alimentar eletricamente a sirene do carrinho;
- e. alguns blocos de madeira para variar a inclinação da superfície.

Procedimentos para a construção do aparato do experimento 2.1:

- a. Construção do plano inclinado:
 - a superfície do plano deve variar espaços condutores elétricos (fitas de papel alumínio) e espaços isolantes elétricos (madeira). As dimensões dos espaços devem ser as mesmas, ou seja, 19 cm de superfície isolante seguido de 1 cm de superfície condutora. O professor poderá variar as medidas indicadas conforme suas necessidades. De acordo com o exposto, haverá aproximadamente 10 espaços isolantes e 10 espaços condutores (ver figura 2.1).
- b. adaptação do carrinho:
 - adaptamos um carrinho de brinquedo de tal forma que o circuito elétrico constituído pela sirene do objeto móvel e as baterias fica aberto com os fios de ligação expostos (ver figura 2.2).

A lógica do experimento 2.1 é a seguinte. O plano inclinado contém espaços equidistantes isolantes elétricos (parte de madeira) separados por espaços equidistantes condutores elétricos (papel alumínio). Quando os fios externos do carrinho tocarem a parte condutora do plano inclinado, haverá emissão sonora, e, quando tocarem a parte isolante, a emissão será interrompida.

Experimento 2.1: procedimentos para sua realização

Esse experimento pode ser utilizado para o estudo do movimento do carrinho sobre o plano inclinado. Para tanto, você pode seguir as sugestões listadas na sequência:

- a. permita que o aluno com deficiência visual reconheça o aparato experimental por meio do tato. Isso lhe dará a noção de totalidade dos materiais (LOWENFELD, 1983) e lhe proporcionará condições para a realização de observações analíticas dos equipamentos. Estenda tal

procedimento para os alunos videntes, já que a observação tátil surtirá neles efeito complementar à visual (SOLER, 1999);

- b. com uma força aplicada pelas mãos, faça com que o carrinho suba o plano inclinado. Os alunos com e sem deficiência visual poderão observar auditivamente, por meio do aumento do intervalo de tempo entre um sinal e outro da sirene, a diminuição da velocidade do carrinho;
- c. deixe o carrinho descer, a partir do repouso, o plano inclinado. Os alunos com e sem deficiência visual poderão observar auditivamente, por meio da diminuição do intervalo de tempo entre um sinal e outro da sirene, o aumento de sua velocidade;
- d. com o apoio de blocos de madeira, o ângulo do plano inclinado poderá ser variado e, dessa forma, os alunos com e sem deficiência visual poderão fazer outras comparações entre os intervalos de tempo de emissão do som da sirene e a variação da velocidade do carrinho (figura 2.3);
- e. em grupo, solicite aos alunos com e sem deficiência visual para que discutam e apresentem suas explicações para a variação do intervalo de tempo dos sinais emitidos pela sirene. Utilize questões desafiadoras, como as apresentadas ao final deste capítulo;
- f. proporcione um debate entre os grupos para que possam apresentar suas conclusões sobre o fenômeno observado. Há também, no final do capítulo, questões que podem ser utilizadas no debate;
- g. durante o debate, o professor poderá apresentar os argumentos científicos sobre o tema em questão, atuando, dessa forma, como mais um grupo participante da discussão, o grupo que defende a opinião ou referencial científico (WHEATLEY, 1991).

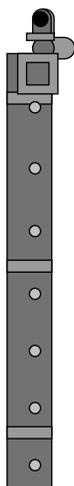
Experimento 2.2 – Queda I: equipamento para análises qualitativas e quantitativas do movimento descendente de um objeto

O equipamento para a realização do experimento 2.2 é denominado “Queda I”. Foi desenvolvido para a investigação de doutorado de Camargo (2005). Posteriormente, uma nova versão (Queda II) seria elaborada. Essa versão será apresentada em outro livro.

O experimento 2.2 apresenta um referencial auditivo para a queda de um objeto. Acompanhe a construção do equipamento “Queda I”.

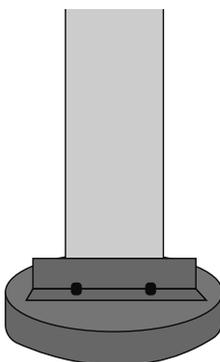
Queda I

Figura 2.4 – Tubo de PVC: estrutura para a queda do disco



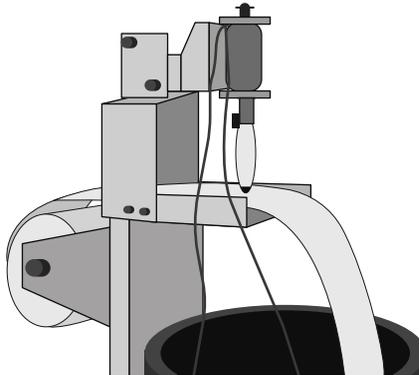
Fonte: elaboração própria.

Figura 2.5 – Fita de papel presa ao disco



Fonte: elaboração própria.

Figura 2.6 – Fita de papel passando pelo vibrador (marcador de tempo)



Fonte: elaboração própria.

Figura 2.7 – Fita de papel com as marcas do vibrador



Fonte: elaboração própria.

Legenda: as marcas centrais foram deixadas pelo vibrador, enquanto as superiores são marcas de 1 cm feitas previamente para permitir a medição entre marcas consecutivas.

Construção do “Queda I”

Materiais a serem utilizados:

- tubo de PVC de 1,8 m de altura com 102 mm de diâmetro interno;
- sensores magnéticos para alarme;
- um disco metálico e um ímã;
- chapa metálica dobrada;
- bobina, oscilador e potenciômetro;
- rolo de fita de papel para marcador de tempo:

- utilizamos um pedaço de fita de papel de aproximadamente 2,0 m de comprimento, com marcações em alto relevo de 1 cm. Essas marcações, feitas ao longo de toda fita, fazem com que o aluno com deficiência visual obtenha as distâncias entre os pontos marcados na fita de papel pelo marcador de tempo;
 - ressaltamos que utilizamos a fita de papel solta e não em forma de rolo, pois, solta, durante a queda do objeto, o papel não se rompia.
- g. Um fio de nylon de aproximadamente 3 m de comprimento:
- O fio tem por objetivo retirar o disco de dentro do tubo após sua queda. Além disso, pode ser utilizado para controlar com as mãos a velocidade de queda do disco, e para proporcionar uma observação tátil da intensidade do peso do objeto.

Procedimentos para a construção do equipamento “Queda I”:

- a. perfure o tubo de PVC a cada 15 cm e, nesses furos, coloque os sensores magnéticos para alarme. A perfuração deve estar verticalmente alinhada;
- b. fixe, junto ao disco, o ímã. Quando abandonado na extremidade do tubo, o disco deslizará dentro dele com um ímã e, ao passar pelos sensores, o ímã ativará o alarme;
- c. no topo do tubo, coloque uma chapa dobrada por onde o papel (fita para marcador de tempo) será preso ao disco;
- d. no topo da estrutura, coloque também a bobina com um oscilador e um potenciômetro que permitam ajustar a frequência mais adequada de impacto para a agulha, que perfurará o papel enquanto o disco cair dentro do tubo.

O equipamento Queda I permite que alunos com e sem deficiência visual:

- a. observem auditivamente, por meio do som emitido pelo alarme, a queda do objeto dentro do tubo;
- b. façam, com o auxílio das marcas deixadas no papel, análises quantitativas do movimento de queda do disco.

Procedimentos metodológicos para a realização do experimento 1.2

Para utilizar o aparato experimental Queda I, você poderá empregar os seguintes procedimentos:

- a. separe os alunos em grupos de, no máximo, três participantes. Se na sala houver mais de um discente com deficiência visual, faça com que eles fiquem em grupos diferentes para que possam contribuir e receber informações de seus colegas videntes. Cada grupo de alunos deverá realizar o experimento de deixar cair o objeto dentro do tubo, observando assim, de maneira auditiva, a queda dele. Aqui existe uma oportunidade para que o professor possa intervir com explicações acerca do fenômeno observado;
- b. os grupos, com a posse da fita de papel, poderão escolher a unidade de tempo (cinco tiques por exemplo) para a realização de cálculos de velocidade e aceleração médias. Um tique corresponde ao intervalo de tempo entre duas marcas consecutivas do vibrador na fita de papel;
 - a escolha da unidade cinco tiques é mais conveniente, pois um tique mostrou-se um intervalo muito pequeno, o que impossibilitou a realização de medidas por alunos com deficiência visual (CAMARGO, 2005).
- c. os grupos deverão numerar a fita de papel com intervalos inteiros de unidade de tempo. Para tanto, o professor ou o colega vidente deverá reforçar, com a ajuda de um instrumento pontiagudo, as marcas escolhidas e deixadas na fita de papel pelo marcador de tempo. Aqui existe uma outra oportunidade de intervenção por parte do professor, já que os estudantes com deficiência visual observarão, por meio do tato, as marcas deixadas no papel pelo marcador de tempo;
- d. solicite aos alunos com deficiência visual para que meçam, com o auxílio das marcas de 1 cm em relevo, o comprimento de cada intervalo numerado na fita de papel:
 - o processo de medição por meio do tato pode ser realizado da seguinte maneira: um dos dedos indicadores (por exemplo, o da mão esquerda) deve ser colocado sobre a primeira marca central, e o outro dedo indicador (por exemplo, o da mão direita) deve ser colocado

paralelamente ao primeiro, nas marcas superiores. Em seguida, o dedo que estava sobre a primeira marca deve ser levado à segunda marca, e o dedo que estava sobre as marcas de 1 cm deve contar a distância entre a primeira e a segunda marca. Esse processo deve ser repetido para a obtenção das distâncias entre as marcas seguintes;

- intervenção do professor: esses comprimentos são iguais? Por quê? A diferença entre cada intervalo consecutivo é constante? Qual é o significado físico desses comprimentos? As velocidades em cada intervalo têm o mesmo valor? Por quê?
- e. oriente os alunos para que calculem a variação da velocidade, subtraindo o valor da velocidade média num intervalo de tempo pelo valor da velocidade média no intervalo anterior. Repita esse procedimento em vários intervalos e compare os resultados. Intervenção do professor: a variação da velocidade foi constante?
- f. oriente os alunos para que calculem a aceleração média em cada intervalo, dividindo a variação da velocidade pelo intervalo de tempo correspondente a essa variação (cinco tiques).

Questões para discussão nos trabalhos em pequenos grupos e nos debates

Para discutir em grupos e no debate, o docente pode se orientar por questões como as indicadas abaixo.

Experimento 2.1

1. Explique a variação do intervalo de tempo dos sinais emitidos pela sirene durante a subida e durante a descida do carrinho no plano inclinado.
2. Qual é a relação entre os bips do carrinho, a inclinação do plano e o movimento ascendente ou descendente dele?
3. O que é movimento acelerado?
4. O que é movimento desacelerado?
5. É possível estabelecer uma relação de semelhança entre o movimento acelerado e o desacelerado no experimento realizado?

Experimento 2.2

6. O que ocorreu com as marcas consecutivas na fita de papel presa ao disco que caiu dentro do tubo? O que isso significa?
7. Como seriam as marcas deixadas por um vibrador em uma fita de papel presa a um objeto que se move com velocidade constante?
8. O que é velocidade média?
9. Qual é a diferença entre velocidade média e velocidade instantânea?

Questões gerais

10. Por que os objetos caem?
11. Uma pessoa está no alto de um grande prédio com duas grandes pedras, uma de 100 kg e outra de 1 kg. Ela então deixa as pedras caírem ao mesmo tempo. Qual chegará primeiro ao chão? Por quê?
12. O que é campo gravitacional?
13. Uma questão hipotética: você está em pé quando, por alguns segundos, a gravidade deixa de atuar sobre você. O que aconteceria? Faça uma pesquisa sobre referenciais e ambientes de microgravidade.

As questões apresentadas são sugestões, podendo o docente elaborar outras. Ainda, segundo Moreira (2000), uma atividade importante a ser desenvolvida junto aos alunos é oportunizar que eles elaborem questões e perguntas. Por isso, durante o debate, o docente deve incentivá-los a elaborar perguntas sobre o tema discutido, além de ficar atento às questões elaboradas livremente por eles. O docente deve tomar nota dessas questões, solicitar para que os alunos as anotem em tinta, em Braille ou no computador para utilizá-las em momentos apropriados, como trabalhos em grupo ou debates.

Dedicatória

Este capítulo é dedicado ao amigo Jomar de Barros Filho (*In Memoriam*).

Referências

- CAMARGO, E. P. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual**: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão. 2005. 272f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.
- CAMARGO, E. P.; SILVA, D.; BARROS FILHO, J. Ensino de Física e Deficiência Visual: Atividades que abordam o conceito de aceleração da gravidade. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 11, p. 4, 2006. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n3/v11_n3_a4.htm. Acesso em: 10 jan. 2022.
- LOWENFELD, B. **Berthold Lowenfeld on blindness and blind people**: selected papers. New York: American Foundation for the Blind, 1983.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Peniche. **Atas do [...]**. Peniche: The Meaningful Learning Research Group, 2000. Disponível em: <http://www.mlrg.org/memberpublications/LivroPeniche2000.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciencias**, Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.
- WHEATLEY, G. H. Construtivist perspectives on Science and Mathematics learning. **Science Education**, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.3730750103>. Acesso em: 05 jan. 2022.

Nota de fim

- 1 Este capítulo traz abordagens adaptadas do texto *Ensino de Física e Deficiência Visual: Atividades que abordam o conceito de aceleração da gravidade*, dos autores Eder Pires de Camargo, Dirceu da Silva e Jomar de Barros Filho (2007), disponível em: https://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n3/v11_n3_a4.htm. Acesso em: 08 jan. 2022.

3. Experimento tátil-visual para o estudo de interações entre objetos e o conceito de força

Luiz Ferreira Neto

André Tato

Eder Pires de Camargo

Apresentamos o experimento 3.1, que introduz uma discussão sobre interação, tema importante para o entendimento do conceito físico de força. Interações ocorrem, no mínimo, entre dois corpos e podem se dar por contato ou à distância. Há quatro tipos de forças, chamadas de Interações Fundamentais: Gravitacional, Eletromagnética, Nuclear Fraca e Nuclear Forte.

Abordaremos as interações gravitacional e eletromagnética. O objetivo do experimento 3.1 consiste em trabalhar como são suas atuações e como se pode percebê-las. A sensação tátil, na realização do experimento, será enfocada, uma vez que ela tem um papel central na observação da intensidade de forças e porque também é comum entre os alunos com e sem deficiência visual (CAMARGO, 2005).

Materiais para a construção do aparato experimental

- a. régua, tesoura, cola, lápis (ou lapiseira), compasso e grampeador;
- b. papel cartão branco (quatro unidades);
- c. papel cartão vermelho (uma unidade);

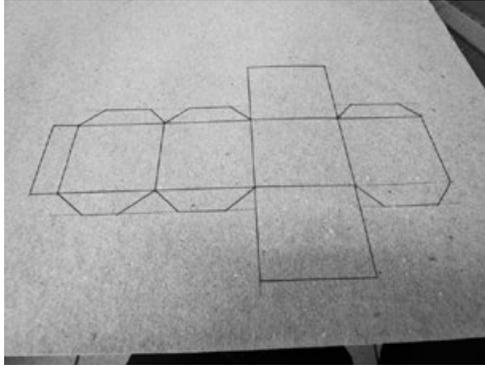
- d. papel sulfite branco (uma unidade);
- e. papel contact (um m²);
- f. placa de madeira compensada (pode ser substituída por uma de isopor) medindo 1 m de largura por 90 cm de comprimento;
- g. lixa de madeira (n° 330) (duas unidades);
- h. saquinhos de gelinho (ou outro) (quantidade suficiente para utilizar no experimento);
- i. areia (quantidade suficiente para encher os saquinhos);
- j. parafuso sextavado (uma unidade);
- k. fio de cobre;
- l. fita adesiva (uma unidade);
- m. imãs, sendo dois de neodímio (imãs “fortes”) e aproximadamente 20 unidades de imãs de ferrite (imãs “fracos”);
- n. duas pilhas de 1,5 v do tipo AA. Entretanto, é possível utilizar pilhas dos tipos C ou D, todas com a voltagem referida.

Para a construção dos componentes do experimento 3.1, deverão ser confeccionados oito cubos. Esses cubos serão feitos aos pares, com arestas de 4, 6, 8 e 10 centímetros.

Para cada cubo completo, faça outro sem uma das faces. Esse objeto será chamado, doravante, de “cubo sem tampa”.¹

Para construir os cubos, marque o papel cartão como indicado na figura 3.1:

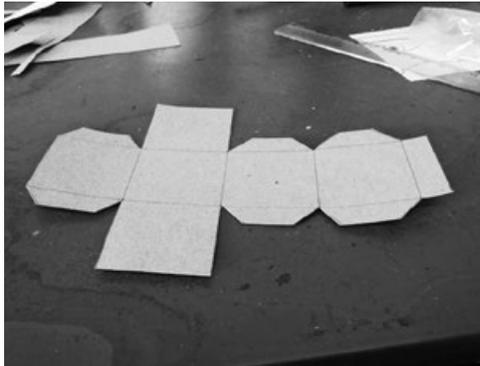
Figura 3.1 — Desenho do cubo



Fonte: elaboração própria.

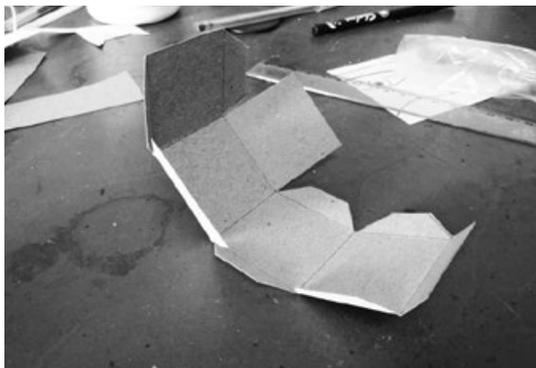
Recorte e depois cole, como indicado na sequência.

Figura 3.2 — Cubo cortado



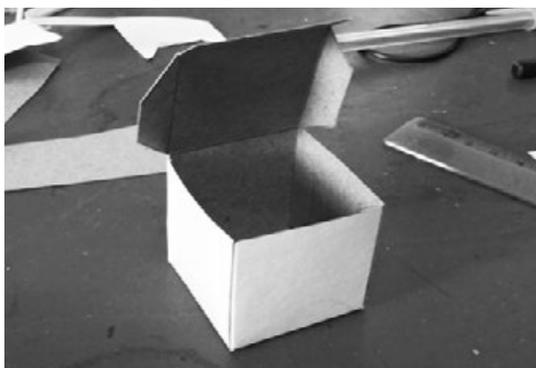
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.3 — Dobrando o cubo



Fonte: elaboração própria.

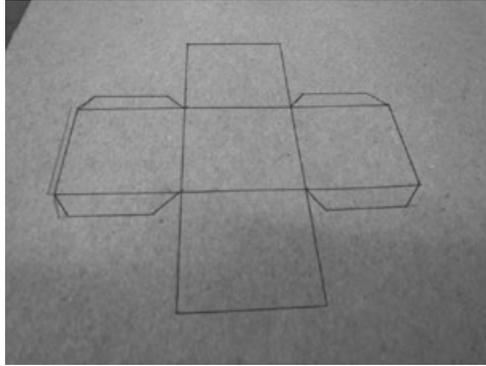
Figura 3.4 — Cubo colado



Fonte: elaboração própria.

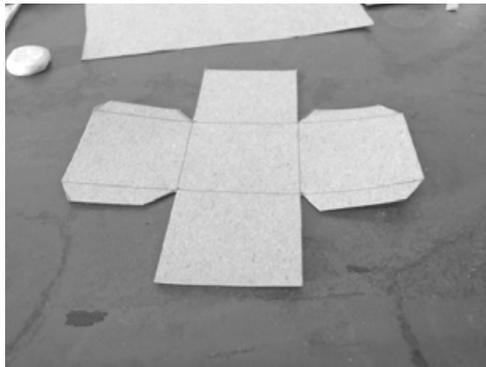
Em seguida, faça os “cubos sem tampa”:

Figura 3.5 – Desenho



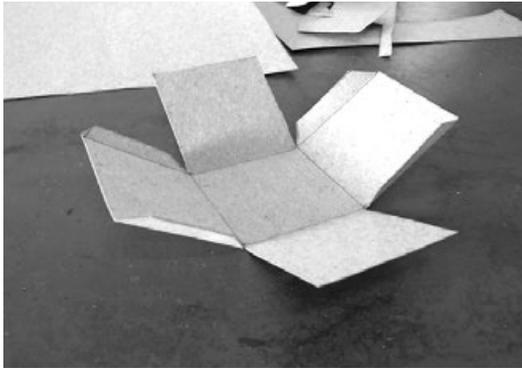
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.6 – Cubo cortado



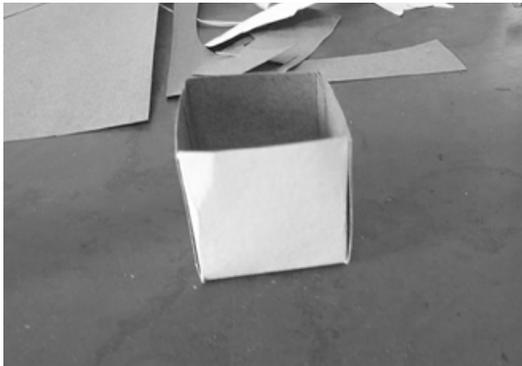
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.7 – Bordando o cubo



Fonte: elaboração própria.

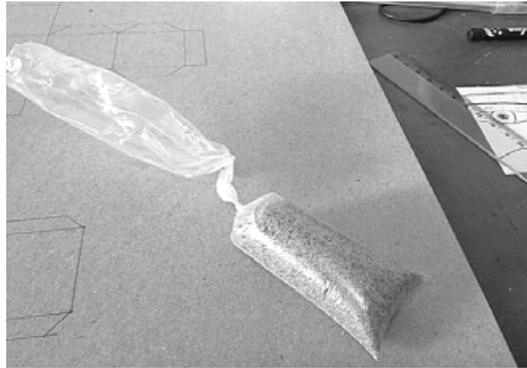
Figura 3.8 – Cubo colado



Fonte: elaboração própria.

Dando sequência, encha saquinhos com areia:

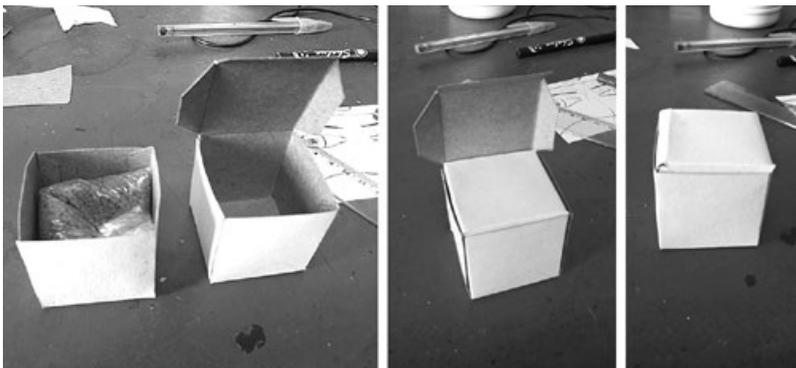
Figura 3.9 – Saquinho com areia



Fonte: elaboração própria.

Coloque o saquinho com areia dentro do “cubo sem tampa” e o encaixe de “ponta-cabeça” no cubo com tampa. Em seguida, feche a estrutura.

Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 — colocando o saquinho nos cubos sem tampa e com tampa



Fonte: elaboração própria.

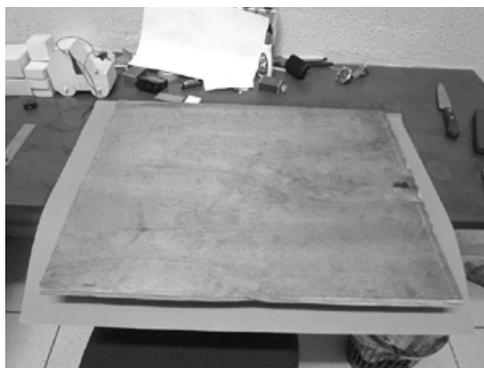
Construa várias peças, inserindo, no interior dos cubos, diferentes quantidades de saquinhos de areia. Deixe também outros cubos vazios. Isso é importante para que o experimento conte com peças de massas diferentes.

Também acople ímãs de ferrite em algumas peças, variando a quantidade de ímãs em algumas delas.

Em segundo lugar, construa a plataforma que irá servir de apoio ao aparato experimental. Para tanto, utilize uma placa de madeira de 1m^2 de área.

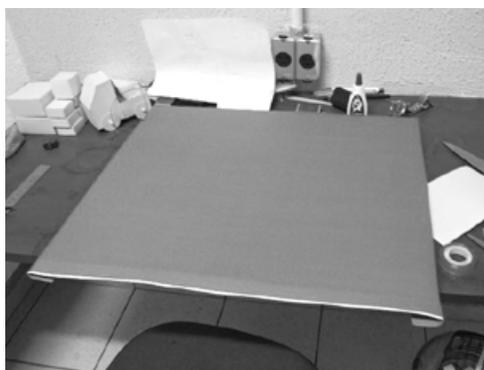
Coloque a placa de madeira sobre o papel cartão vermelho. Encape-a e cole suas extremidades com cola branca. Use a fita adesiva e o grampeador para melhor fixação do papel cartão.

Figura 3.13 – Placa de madeira



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.14 – Encapando a placa



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.15 – placa encapada



Fonte: elaboração própria.

Estando a superfície de madeira encapada, cole em uma de suas metades o papel contact e na outra a lixa. O objetivo das duas superfícies é a produção de regiões de menor e maior atrito.

Figuras 3.16, 3.17 – Colocando o contact



Fonte: elaboração própria.

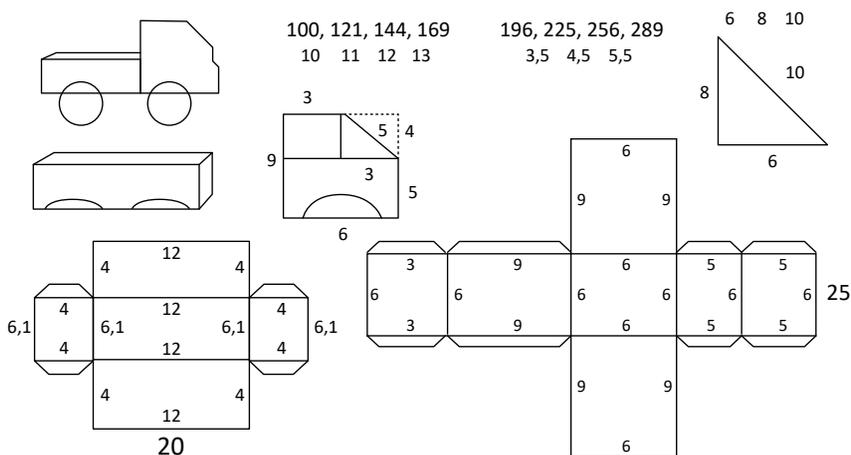
Figuras 3.18, 3.19 – Colocando a lixa



Fonte: elaboração própria.

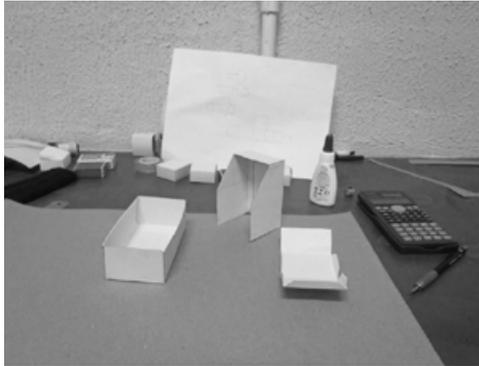
Em terceiro lugar, será construído o “caminhão com atração magnética”, pois carregará ímãs. Faça um esboço desse objeto em uma folha sulfite. Depois, reproduza esse esboço no papel cartão branco, recorte e cole as partes.

Figura 3.20 – Esboço do “caminhão com atração magnética”



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.21 – Partes do caminhão com o imã



Fonte: elaboração própria.

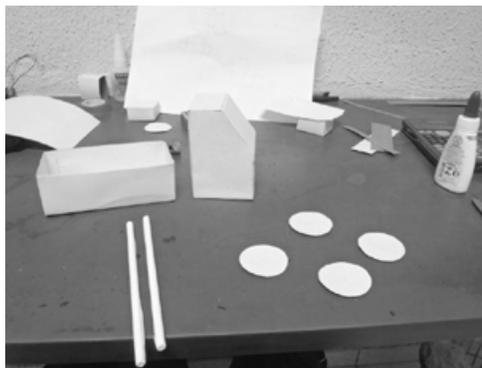
Com o auxílio do compasso, faça círculos convenientes. Eles farão o papel da “roda do caminhão”. Para que as rodas fiquem mais resistentes, é interessante que antes você cole quatro pedaços de folha do papel cartão, para depois fazer os círculos. Com uma folha sulfite, faça dois canudinhos para servir de eixo para o caminhão. Na lateral do caminhão, faça os furos para que se encaixe o eixo e nele as rodas. Prenda as rodas com cola ou taxinhas.

Figura 3.22 – Montagem das peças



Fonte: elaboração própria.

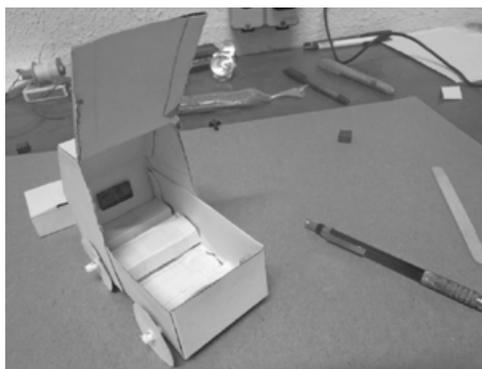
Figura 3.23 – Eixos e “rodas do caminhão”



Fonte: elaboração própria.

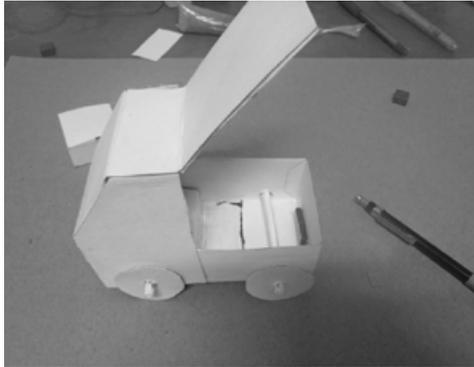
Acople ímãs de neodímio na traseira e na frente do caminhão. Faça uma peça só para esconder o eixo traseiro.

Figura 3.24 – Vista interna



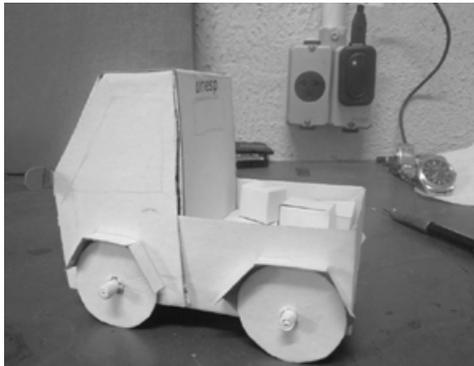
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.25 – Vista superior



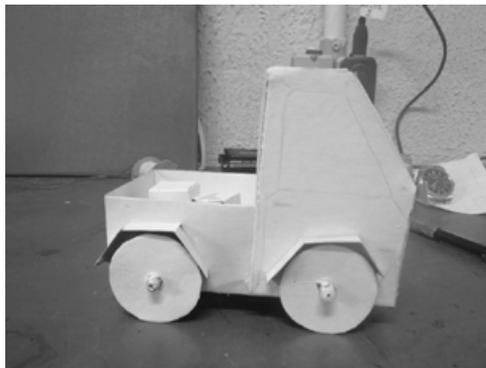
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.26 – Vista lateral direita



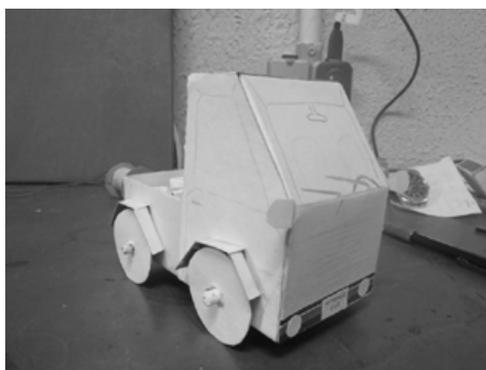
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.27 – Vista lateral esquerda



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.28 – Vista frontal



Fonte: elaboração própria.

Em quarto e último lugar, construa o eletroímã.

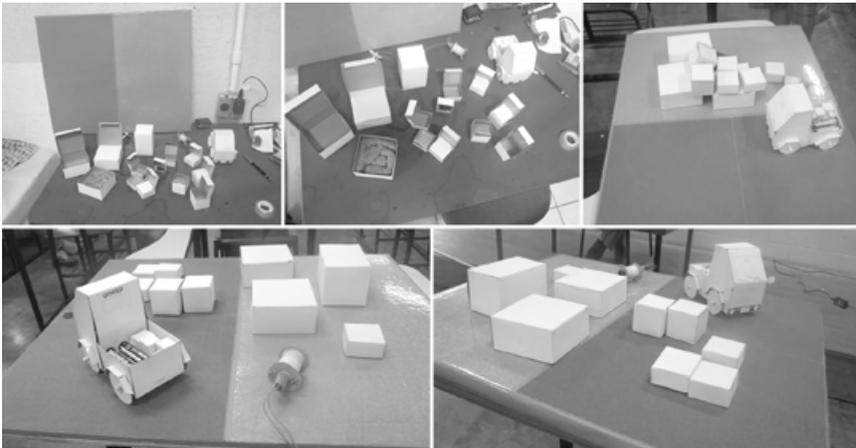
Pegue um parafuso sextavado médio e envolva-o com algumas camadas de fio de cobre. Cubra-o depois com uma fita adesiva para que o cobre fique escondido. Deixe duas pontas para fora a fim de ligar o eletroímã a uma pilha.

Figura 3.29 – Eletroímã



Fonte: elaboração própria.

Figuras 3.30, 3.31, 3.32, 3.33 e 3.34 – material do experimento 3.1 finalizado



Fonte: elaboração própria.

Como realizar o experimento 3.1

Há várias possibilidades de atividades com os materiais indicados. Abaixo, apresentamos duas que podem ser realizadas nos pequenos grupos, mas você pode elaborar outras. Destacamos que seria conveniente que cada grupo tivesse um exemplar do material do experimento 3.1.

Atividade 1

Há uma relação de proporcionalidade direta entre a força normal e a força de atrito. Por isso, explore situações experimentais com o plano nas posições horizontal e inclinada.

Plano na posição horizontal

Tome o suporte de madeira. Peça para que os alunos espalhem ao longo das superfícies de contact e de lixa os diferentes bloquinhos. É importante que ocorra certo espalhamento uniforme de bloquinhos nas superfícies. Não é interessante que, por exemplo, os “blocos mais pesados” fiquem sobre a superfície áspera e os “blocos mais leves” sobre a superfície lisa. Lembre-se que há bloquinhos de diferentes massas e com quantidades diferentes de ímãs, e, inclusive, há bloquinhos sem ímãs.

Em seguida, solicite para que os discentes aproximem o “caminhão com atração magnética” dos diferentes blocos e para que descrevam o que observaram tatilmente. Dependendo da polarização dos ímãs, eles observarão atração ou repulsão magnética. Se aproximarem o caminhão de blocos sem o ímã, não observarão interação dessa natureza.

Plano com inclinação em relação à horizontal

Utilize tijolos para inclinar o plano em relação à horizontal. Uma vez que ocorra interação magnética, o bloquinho poderá ou não entrar em movimento, dependendo da intensidade da força magnética e da força de atrito. Você pode explorar isso considerando blocos de mesma massa em superfícies diferentes, blocos de massas diferentes em superfícies diferentes, blocos com atrações magnéticas diferentes em superfícies diferentes, distintas inclinações, ou seja, criar um leque de situações experimentais que podem fomentar discussões no debate.

Repita os procedimentos descritos acima, mas agora, não utilize o caminhão com atração magnética, e sim o eletroímã. Faça com que os alunos aproximem esse equipamento dos vários tipos de bloquinhos, daqueles com massa maior e menor, localizados nas superfícies lisa e áspera, contendo ímãs ou não etc. Faça também com que eles aproximem o eletroímã desligado dos bloquinhos.

Atividade 2

Os alunos empurrarão com as mãos os bloquinhos sobre as diferentes superfícies, nas posições horizontal e inclinada. Depois, descreverão o que observaram e compararão essa experiência com a atividade 1.

As questões abaixo podem orientar a condução do experimento e das observações dos alunos.

Descreva sua sensação tátil ao interagir com os bloquinhos nas seguintes situações:

- a. Aproximando o caminhão dos bloquinhos quando eles estão posicionados nas superfícies lisa e áspera e nas posições horizontal e inclinada. Quando é mais difícil mover o bloquinho? Qual bloquinho é mais difícil de ser movido? Ao ser movido, para onde o bloquinho vai? O que você sente em sua mão?
- b. Aproximando o eletroímã dos bloquinhos quando eles estão posicionados nas superfícies lisa e áspera e nas posições horizontal e inclinada. Quando é mais difícil mover o bloquinho? Qual bloquinho é mais difícil de ser movido? Ao ser movido, para onde o bloquinho vai? O que você sente em sua mão?
- c. Empurrando com as mãos os bloquinhos quando eles estão posicionados nas superfícies lisa e áspera e nas posições horizontal e inclinada. Quando é mais difícil mover o bloquinho? qual bloquinho é mais difícil de ser movido? Ao ser movido, para onde o bloquinho vai? O que você sente em sua mão?

Em todas as situações, solicite para que os discentes descrevam suas observações táteis. Se forem videntes, podem anotar as observações em tinta, se tiverem deficiência visual, poderão anotar em braille ou no computador com leitor, como o NVDA.

No tópico seguinte, apresentamos outras questões que podem fomentar um debate sobre a comparação entre as observações do experimento de aproximar o carrinho com imã dos cubos (atividade 1) e empurrar bloquinhos sobre as superfícies (atividade 2).

Questões para o debate e para o trabalho em pequenos grupos

Questões sobre o Experimento 3.1:

1. O que acontece quando aproximamos o caminhão dos bloquinhos? Por quê?
2. Existe diferença entre você empurrar um bloquinho ou aproximar dele o caminhão ou o eletroímã? Se sim, que diferença é essa?
3. Em qual superfície é mais fácil mover os bloquinhos? Por quê?
4. Há alguma coisa física ou material que faz com que os bloquinhos “sintam a presença” do caminhão? O que seria isso?
5. O que acontece quando aproximamos o eletroímã dos bloquinhos? Por quê?
6. Em que situações isso acontece ou não?
7. Todos os bloquinhos “sentiram a presença” do caminhão ou do eletroímã? Por quê?
8. O que empurrou ou puxou os bloquinhos quando o caminhão chegou perto deles?
9. O que empurrou ou puxou os bloquinhos quando o eletroímã chegou perto deles?
10. Aquilo que interagiu entre o caminhão e os bloquinhos e entre o eletroímã e os bloquinhos era a mesma coisa? Que coisa era essa?

Questões gerais

11. Considere um livro sobre a mesa. O que faz com que ele fique em repouso sobre a mesa?
12. Você se encontra com seus braços esticados para frente. Num primeiro momento, coloca-se um livro sobre uma de suas mãos. Num segundo momento, coloca-se mais de um livro sobre a mesma mão. O que você fez para que os livros permanecessem parados sobre sua mão? Para você, o que é força? Você acha que uma mesa poderia exercer uma força num livro?

Referência das questões de 11 a 12: (MINSTRELL, 1982).

13. Com as mãos, aplica-se ao livro uma força paralela ao plano: O que acontecerá quando não houver mais o contato entre a mão e o livro?
14. Por que os objetos se movem?
15. Você precisa empurrar ou puxar um objeto para que ele se movimente sempre com a mesma velocidade?
16. Por que alguns objetos continuam se movendo por um certo tempo, depois de você ter deixado de empurrá-los?
17. Por que objetos param de se mover?
18. Se você empurra um livro e uma bola de metal com a mesma força, qual irá mais longe? Por quê?
19. Poderia existir uma situação em que um objeto em movimento continuasse em movimento, com a mesma velocidade, embora não houvesse nada empurrando-o ou puxando-o?
20. O que é força?

Referência das questões de 13 a 20: (LOCHHEAD; DUFRESNE, 1989).

Referências

- CAMARGO, E. P. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual**: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- LOCHHEAD, J.; DUFRESNE, R. Helping students understanding difficult science concepts through the use of dialogues with history. *In: The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. 1989. p. 221-229.
- MINSTRELL, J. Explaining the “at rest” condition of an object. *The Physics teacher*, [s. l.], v. 20, n. 10, p. 10-14, 1982.

Notas de fim

- 1 A rigor, retirando-se uma das faces, o objeto deixa de ser um cubo, entretanto, essa nomenclatura aproximada foi a maneira mais didática que encontramos de explicitar a informação desejada.

4. Enfoques auditivo e tátil do movimento

Victor Marcelo Vicentini Cavalcante

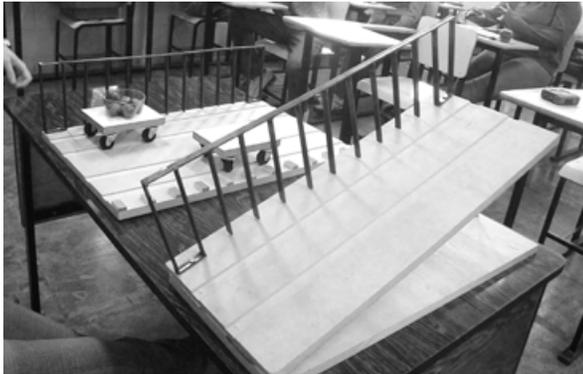
Vitor Hugo Apolinário

André Tato

Eder Pires de Camargo

Elaboramos o experimento 4.1, que proporciona condições para a observação auditiva de velocidades constantes e variáveis (CAMARGO, 2005) e observação tátil de intensidade de força (CAMARGO, 2012). Sumariamente, o experimento é constituído por uma associação entre uma tábua plana fixa na horizontal e outra que pode ser inclinada entre 0° e 90° . No plano inclinado, carrinhos podem ser movidos, emitindo sinais sonoros, além de empurrados, com suas massas sendo variadas.

Figura 4.1 – Experimento 4.1: enfoque auditivo e tátil do movimento



Fonte: elaboração própria.

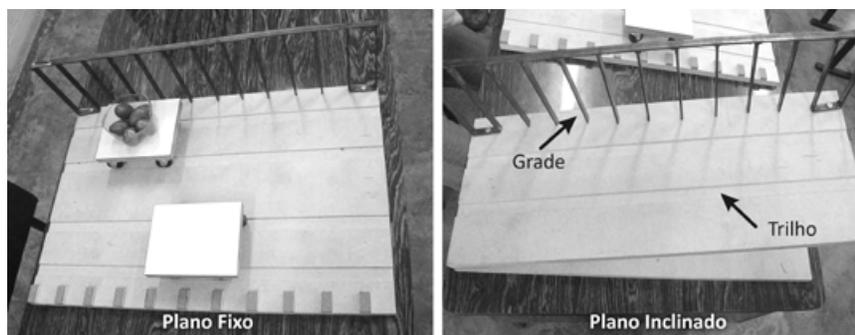
Materiais para a construção do aparato experimental

- a. duas grades tipo rastelo. Seus “dentes” devem ter um espaçamento de cinco centímetros;
- b. oito rodinhas de raio de um centímetro, utilizadas normalmente para permitir a mobilidade de objetos domésticos;
- c. cinco chumbadas de pesca, cem gramas cada;
- d. uma garrafa pet de volume 2 l;
- e. duas dobradiças pequenas e seus respectivos parafusos;
- f. uma peça de madeira com 60 cm de comprimento, 40 cm de largura e espessura de 2 cm (peça de madeira maior);
- g. duas peças de madeira com comprimento de 60 cm, largura de 30 cm e espessura de 2 cm (peças intermediárias);
- h. duas peças de madeira de comprimento 14cm, largura de 12 cm e espessura de 2 cm (peças menores).

Montagem do aparato experimental

Construa um trilho sobre uma das peças de madeira intermediárias, e dois trilhos paralelos sobre a peça de madeira maior. Depois, parafuse as dobradiças nos planos de madeira intermediários, para que juntos formem um plano inclinado. Na sequência, parafuse as grades, uma paralela ao trilho do plano inclinado e outra paralela a um dos trilhos do plano fixo (ver figura 4.2).

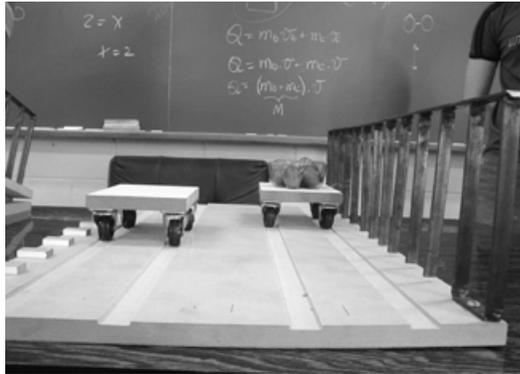
Figura 4.2 – Plano fixo e plano inclinado



Fonte: elaboração própria.

Para a montagem dos carrinhos, parafuse, nas extremidades de cada peça de madeira menor, quatro rodinhas. No centro de um dos carrinhos, parafuse um suporte e uma haste flexível, ambos oriundos do material da garrafa pet – o fundo da garrafa deve ser utilizado para a feitura do suporte. Sua lateral deve ser cortada para a construção da haste. Esse dispositivo servirá para variar a massa do sistema carrinho mais carga. Denominaremos, doravante, tal sistema como carrinho de carga.

Figura 4.3 – Carrinho de carga



Fonte: elaboração própria.

As chumbadas deverão ser utilizadas para variar a massa do carrinho de carga. O suporte tem essa finalidade.

Outro carrinho, sem a possibilidade de variação de massa, deve ser construído. Esse objeto será denominado, doravante, como **carrinho de parâmetro**.

O carrinho de parâmetro servirá como um referencial comparativo tátil entre a intensidade de força necessária a ser realizada para tirá-lo do repouso e levá-lo até a velocidade V e a intensidade de força a ser realizada para retirar o carrinho de carga do repouso e levá-lo até, aproximadamente, a mesma velocidade V .

Figura 4.4 – Carrinhos de carga e de parâmetro sendo empurrados no plano fixo



Fonte: elaboração própria.

Como realizar o experimento 4.1

Proposta 1

Utilize o sentido da audição para a observação do movimento. Isso pode ser feito:

- variando com as mãos a posição de um dos carrinhos de madeira, localizado sobre os trilhos do plano fixo ou;
- soltando-o do ponto mais alto do plano inclinado.

Nas duas situações, a haste de plástico entrará em contato com as hastes de metal da grade, produzindo um som, e o aluno poderá associar a frequência do som à variação da velocidade do carrinho, para observar se o movimento é acelerado ou desacelerado.

Utilize ambos os carrinhos, inclusive o de carga, inserindo quantidades diferentes de chumbadas em seu suporte, e observando se há ou não alteração na frequência do som.

Proposta 2

Utilizando o sentido do tato, podemos realizar o experimento da seguinte forma: colocamos os dois carrinhos no trilho. No suporte do carrinho de carga, inserimos certa quantidade de chumbadas, de forma que os dois móveis tenham massas diferentes. O aluno deve empurrar os dois objetos simultaneamente e sentir, por meio do tato, a dificuldade em variar suas velocidades em relação ao tempo. As chumbadas de pesca devem ser utilizadas para modificar a massa do carrinho de carga. O aluno deve observar, por meio do tato, em cada situação, a intensidade da força necessária para conseguir a mesma variação de velocidade no mesmo intervalo de tempo.

O discente também terá acesso tátil a características da força aplicada pelo carrinho em sua mão – intensidade, direção e sentido (terceira lei de Newton). Destacamos que o recurso sensorial dessa proposta quantifica aproximadamente a intensidade da força aplicada em cada situação explorada, ou seja, as análises são qualitativas. Trabalhe esses conceitos com seus alunos, apresentando-lhes explicações sistematizadas, após os experimentos, das discussões e dos debates.

Questões para o trabalho em pequenos grupos e para o debate

1. O que ocorre com a frequência do som quando o carrinho se desloca com mais ou menos velocidade?
2. Qual é a relação entre empurrar o carrinho com mais ou menos intensidade de força e a variação de sua velocidade com o tempo?
3. O que acontece com a frequência do som do movimento do carrinho com o passar do tempo, quando a superfície está mais inclinada ou menos inclinada? Por quê?
4. Qual a relação entre a inclinação do plano e a aceleração do carrinho?
5. Após abandonar o carrinho de parâmetro e o carrinho de carga no plano inclinado, mantendo a inclinação, qual a relação entre suas acelerações?
6. Aumente a massa do carrinho de carga e observe se há, pela aproximação permitida pelos sentidos, modificação da velocidade final.
7. O sentido do tato permite observar a massa do objeto?

8. Qual é a relação entre gravidade, aceleração do carrinho ao descer o plano inclinado e sua velocidade no final do percurso? Faça testes variando a inclinação do plano com (a) o carrinho sempre na extremidade do plano inclinado e (b) mantendo o carrinho sempre na mesma altura em relação ao plano horizontal (isso exige a troca de posição do carrinho em relação ao plano inclinado).
9. As intensidades das forças envolvidas nas propostas de atividades supracitadas podem ser observadas por quais vias sensoriais, ou seja, visão, audição, tato, olfato, paladar?
10. Empurrando os carrinhos em um plano horizontal e variando a massa do carrinho de carga, estabeleça uma relação entre intensidade de força, massa e aceleração.
11. Empurrando um carrinho em um plano horizontal, variando a intensidade da força aplicada sempre na direção do movimento, estabeleça uma relação entre intensidade de força, massa e aceleração.
12. Empurrando um dos carrinhos com intensidade de força constante, mudando algumas vezes o ângulo de aplicação dessa força, estabeleça uma relação entre intensidade de força e ângulo de aplicação da mesma.
13. Pesquise o conceito de inércia e relacione esse conceito com o de massa.
14. Imagine dois objetos, uma pena de massa 5g e um saco de areia de massa 500g. Ambos se encontram pendurados por cordas capazes de suportar seus pesos. Você pretende aplicar uma força de 250 N em um dos dois objetos. Em qual dos dois será mais fácil aplicar essa força?

A questão 14 foi adaptada do capítulo 5 de Hewitt (HEWITT, 2002, p. 85).

Referências

- CAMARGO, E. P. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual**: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2012.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

5. Experimentos multissensoriais para o ensino de transformação da Energia

André Ramalho dos Santos

Danilo de Freitas Oliveira

Maykon André Montanhera

André Tato

Julio Cesar Queiroz de Carvalho

Eder Pires de Camargo

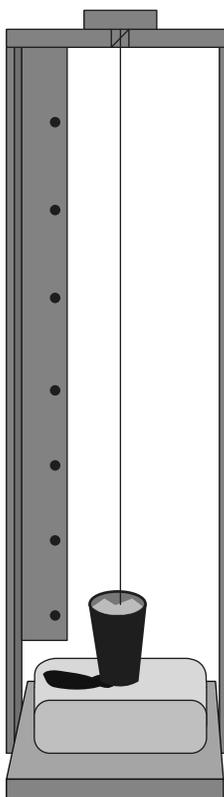
O conceito de transformação da energia será trabalhado em dois experimentos: Experimento 5.1: “Queda sonora” e experimento 5.2: “Canhão de elástico”.

O “Queda sonora” é um experimento que prioriza as observações auditiva e tátil. Objetos de massas diferentes, ao serem abandonados em alturas diferentes, esbarram levemente em hastes e emitem som. Ao atingirem o nível de referência para a energia potencial gravitacional igual a zero, tocam superfícies de espuma ou duras, fazendo, dessa forma, intensidades distintas de barulho ou deformando, mais ou menos, a espuma. Portanto, o experimento possibilita a interpretação de que a energia total sofre mudança qualitativa, transformando-se de potencial gravitacional em cinética.

O “Canhão de elástico” tem como objetivo trabalhar o conceito de transformação de energia potencial elástica para cinética. Um armazenamento de energia no elástico ocorrerá quando o agente externo (o aluno ou a aluna) realizar um trabalho sobre ele, alongando-o. O experimento permite ao discente

a modificação das condições iniciais do sistema para estudar a influência de cada variável, pois, ao deformar o elástico, poderá senti-lo tatilmente tentando voltar ao relaxamento, relacionando sua sensação à intensidade, à direção e ao sentido da força restauradora e interpretar a intensidade da força a energia que está sendo acumulada. Além disso, poderá associar, indiretamente, maiores ou menores quantidades de energia por meio do impacto do projétil em suas mãos, quando ela estiver posicionada na extremidade do tubo.

Figura 5.1 – Experimento 5.1: queda sonora



Fonte: elaboração própria.

Figura 5.2 – Experimento 5.2: canhão de elástico



Fonte: elaboração própria.

Materiais utilizados e procedimentos de construção dos aparatos experimentais

Materiais utilizados:

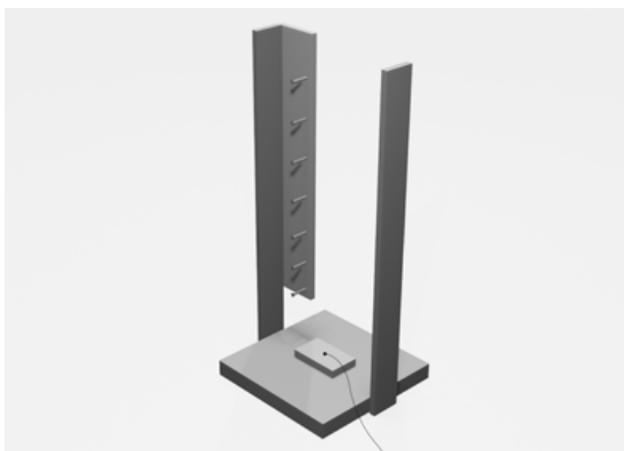
- a. uma tábua quadrangular (de no mínimo 900 cm²);
- b. duas ripas de madeira de 1,5 m de comprimento;
- c. arame (1,5 m);
- d. pregos (6 unidades);
- e. espuma;
- f. caneca de metal;
- g. garrafa pet;
- h. esferas maciças (chumbadas de massas diferentes);
- i. cano de PVC (1,5 m de comprimento);
- j. elásticos;
- k. haste de metal (15 cm);
- l. um cilindro leve de madeira (com raio menor que o raio do cano e com, no máximo, 5cm de altura);
- m. uma esfera de vidro de aproximadamente 3 cm de diâmetro.

Construção dos aparatos experimentais

Experimento 5.1: Queda sonora

Utilizamos uma base de madeira. Perpendiculares a ela, foram fixadas duas ripas com a finalidade de se formarem duas colunas. Perpendicularmente a uma dessas colunas, foi fixada uma outra ripa de madeira, contendo 6 pregos, distantes 10 cm entre si e pregados somente pela ponta, como mostra a Figura 5.3.

Figura 5.3 – Estrutura do experimento “Queda sonora”



Fonte: elaboração própria.

Na base da estrutura, fixamos um arame, que foi esticado até a altura das ripas. Antes de fecharmos a estrutura em sua parte superior com mais um pedaço de madeira, introduzimos uma caneca de metal perfurada na base, para permitir seu movimento pelo arame. Também na base da caneca, colocamos um pedaço de garrafa pet cujo tamanho permite seu contato com os pregos, durante a queda. Depois, a estrutura foi fechada na parte superior com mais um pedaço de madeira, onde foi presa à outra ponta do arame. Por fim, acoplamos à sua estrutura espumas, que podem ser removidas segundo a atividade de ensino. Reveja a Figura 5.1. Ela mostra o equipamento para a realização do experimento 5.1

O conjunto formado pela caneca, garrafa pet e quantidades de chumbadas de massas diferentes será denominado, doravante, de sistema.

Experimento 5.2: Canhão de elástico

Esse aparato experimental foi montado a partir de um cano de PVC. Distante 15cm de uma das extremidades do cano, fizemos duas fendas paralelas de 20cm (uma de cada “lado” das bordas do cano). Ao final dessas fendas, fixamos elásticos (dois de cada “lado”). Introduzimos no cano um cilindro de madeira até as fendas. Depois, fizemos uma perfuração no cilindro, por onde passou uma haste de ferro, como mostram as Figuras 5.4 e 5.5.

Figura 5.4 – Fixando os elásticos



Fonte: elaboração própria.

Figura 5.5 – Haste traspassando o cano e o cilindro



Fonte: elaboração própria.

Com uma pintura final, terminamos o aparato experimental (figura 5.2).

Possibilidades de atividades experimentais

Experimento 5.1

a. com a espuma na base da estrutura:

Sem variar a massa do sistema, faça a caneca, com a haste plástica tocando nos pregos laterais, cair do topo até a base da estrutura. Solicite para que os alunos videntes descrevam suas observações auditivas e visuais e para que os alunos com deficiência visual descrevam suas observações auditivas.

Variando a massa do sistema (o que pode ser feito com a adição ou subtração de chumbadas), faça a caneca, com a haste plástica tocando nos pregos laterais, cair do topo até a base da estrutura. Solicite para que os alunos videntes descrevam suas observações auditivas e visuais e para que os alunos com deficiência visual descrevam suas observações auditivas.

Variando a massa do sistema, faça a caneca, com a haste plástica tocando nos pregos laterais, cair do topo até a base da estrutura. Solicite que os alunos fiquem com as mãos na espuma, posicionada na parte inferior da estrutura, e que descrevam o que ocorre com sua deformação quando a massa do sistema for maior ou menor. Os alunos videntes poderão fazer tal observação visualmente e tatilmente, enquanto os alunos com deficiência visual observarão a deformação da espuma com o tato.

Na proposta experimental acima, é importante que os alunos analisem que a energia potencial gravitacional¹, implícita na massa e na altura da caneca, transforma-se em energia cinética² e energia associada à onda sonora ao longo da queda. A energia cinética pode ser evidenciada, indiretamente, pelo aumento de velocidade explicitado pela diminuição dos tiques, algo que ocorre devido à aceleração da caneca. Como há uma espuma na parte inferior do aparato experimental, os efeitos de transformação de energia potencial em energia associada à onda sonora serão amenizados. Isso, contudo, não ocorrerá quando a espuma for retirada. Por outro lado, maior ou menor quantidade de massa no sistema implicará maior ou menor quantidade de energia potencial gravitacional sendo transformada, inicialmente em energia cinética, e, posteriormente, com o choque com a espuma, em energia potencial

elástica. Tal transformação pode ser relacionada às diferentes deformações sofridas pela espuma.

b. retirando a espuma da base da estrutura:

Nessa situação, sem que a haste plástica toque os pregos laterais, deixe a caneca cair de distintas alturas e com distintas quantidades de chumbadas. Em cada ocasião, solicite para que os alunos descrevam a intensidade sonora proveniente do impacto da caneca com a placa de madeira. Solicite também para que eles comparem as intensidades sonoras em cada ocasião, estabelecendo as relações quantidade de massa x intensidade sonora, altura x intensidade sonora, certa quantidade de massa e certa altura x intensidade sonora etc.

Experimento 5.2

c. canhão de elástico com a esfera dentro do tubo:

Coloque a esfera de vidro dentro da estrutura cilíndrica e posicione uma das mãos na extremidade superior do cano. Com a outra mão, puxe a haste e solte a esfera. Repita esse procedimento, tensionando o elástico com intensidades diferentes de força (o que se evidenciará com distintas deformações do elástico). Note em que situação a bolinha tocará sua mão. Nas ocasiões em que a esfera tocar sua mão, descreva a sensação tátil, relacionando com a sensação da outra mão que estendeu o elástico, que também será tátil.

Aqui, temos as sensações táteis relacionadas à intensidade de duas forças, ou seja, a força elástica do objeto propulsor e a força de impacto da esfera com as mãos do observador. Quanto maior for a deformação produzida para lançar a esfera, maior será o impacto sentido pelo observador na outra mão devido à maior variação de sua velocidade em um certo intervalo de tempo (de um certo valor V para zero). Essa variação de velocidade por intervalo de tempo implica em certa intensidade de força, de acordo com a segunda lei de Newton. O observador também perceberá taticamente (se for vidente também perceberá visualmente) a deformação do elástico propulsor. Tais observações indicarão, de forma indireta, certas quantidades de energia do tipo potencial elástica³, acumulada no elástico, e cinética, evidenciada na relação entre velocidade e massa da esfera, que se choca na mão do observador.

d. canhão de elástico com a esfera dentro do tubo:

Estique a haste o máximo que puder. Em seguida, solte-a. A haste vai percorrer toda extensão lateral do cano ou certa distância permitida, devido à quantidade de energia vinda do trabalho realizado pela força elástica. Nesse processo, observe o som proveniente do impacto da haste com o final da perfuração lateral do tubo. Relacione a intensidade desse som com a deformação produzida no elástico e com a percepção tátil proveniente da intensidade da força realizada por você para produzir a deformação.

Questões para debate

Questões para o tópico a:

1. O que é possível observar a partir das sensações auditivas e visuais no experimento 5.1? Discuta isso com seu colega.
2. O que ocorre com o intervalo de tempo entre dois tiques provenientes do impacto da haste plástica com o prego conforme a caneca cai? Diminui, aumenta ou não muda?
3. O que ocorre com as características (altura, intensidade, timbre e frequência) do som da queda da caneca quando a massa do sistema é modificada?
4. O que ocorre com a espuma quando a massa do sistema é modificada? Por quê?
5. Quando a massa do sistema aumenta, o que ocorre com sua velocidade na parte mais baixa da estrutura?
6. Quando a massa do sistema aumenta, o que ocorre com sua energia na parte mais baixa da estrutura?
7. qual é a relação entre altura, massa, velocidade, deformação da espuma e energia?

Questões para o tópico b:

8. O que ocorreu com a intensidade do som quando o sistema, com a mesma massa, caiu de diferentes alturas? Por quê?

9. O que ocorreu com a intensidade do som, quando o sistema, com diferentes valores de massa, caiu da mesma altura? Por quê?
10. Quando o sistema cai da mesma altura, mas com diferentes valores de massa, o que ocorre com sua velocidade na parte mais baixa da estrutura? Aumenta, diminui ou permanece sempre a mesma?
11. E com sua energia cinética?
12. Que energia está associada ao sistema na parte mais alta do experimento? E um instante antes de tocar a parte mais baixa?
13. O que é o som?
14. Qual é a relação entre a intensidade do som produzido pelo impacto do sistema com a parte inferior do aparato experimental (situação b) e a deformação da espuma, na situação experimental a?

Questões para o tópico c:

15. Qual é a relação entre a deformação que você produziu no elástico e a distância percorrida pela esfera dentro do tubo?
16. Qual é a relação entre a deformação que você produziu no elástico e a velocidade adquirida pela esfera?
17. Qual é a relação entre a deformação que você produziu no elástico e o impacto que a esfera produziu em sua mão?
18. O que você observa por meio do tato? A velocidade, a intensidade da força ou a energia?

Questões para o tópico d:

19. Qual é a relação entre a força aplicada por você no elástico e o som produzido pelo impacto da haste com o final da perfuração lateral do tubo?
20. Qual é a relação entre a energia potencial elástica e o som produzido?
21. Qual é a relação entre a deformação do elástico, a força aplicada por você e a energia potencial elástica?
22. O que você observa tatilmente, a força ou a energia?

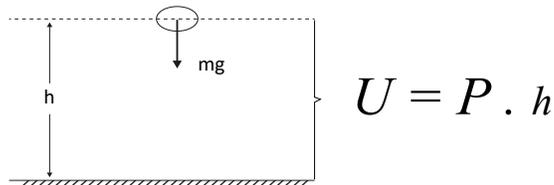
23. Há diferença entre força e energia? Qual é essa diferença?
24. Som é a mesma coisa que energia? Discuta.
25. Estabeleça relações de transformações de energia que envolvam a força aplicada por você no elástico, a energia potencial elástica e o som produzido pelo impacto. Há ainda alguma variação de temperatura no sistema?

Notas

1. Energia Potencial Gravitacional (U)

Está relacionada com a posição que um corpo ocupa em um determinado campo gravitacional e com a capacidade da força peso vir a realizar trabalho sobre ele.

Matematicamente,



(5.1)

$\begin{equation}$

$$U = P \cdot h$$

$\end{equation}$ \label{cap05:eq01}

Onde P é o módulo do peso do corpo e h é a altura em relação ao nível de referência ($U = 0$).

Ou sabendo que

$$\begin{aligned}
 P &= m \cdot g \quad \Delta P = m \cdot g \Delta h, \\
 U &= m \cdot g \cdot h
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

`\begin{equation}`

$$U = m \cdot g \cdot h$$

`\end{equation}\label{cap05:eq02}`

Onde m é a massa do corpo e g o módulo da aceleração da gravidade.

As expressões acima são válidas apenas para pequenas alturas, ou seja, até o limite em que a variação do módulo do campo gravitacional deixe de ser desprezível.

2. Energia Cinética (K)

Todo corpo em movimento possui uma energia associada. A essa energia dá-se o nome de energia cinética. Matematicamente, representamos esta energia pela equação:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}
 \tag{5.3}$$

`\begin{equation}`

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

`\end{equation}\label{cap05:eq03}`

Em que m é a massa e v é o módulo da velocidade do corpo.

3. Energia Potencial Elástica (U)

É a energia armazenada em uma mola comprimida ou distendida.

Matematicamente,

$$U = \frac{kx^2}{2}$$

(5.4)

\begin{equation}

$$U = \frac{kx^2}{2}$$

\end{equation}\label{cap05:eq04}

Onde k é a constante elástica da mola e x a deformação da mola (quando a mola foi comprimida ou distendida).

Escrevemos as equações acima no formato latex para tornar o conteúdo matemático acessível a pessoas cegas usuárias de leitores de computador, como o NVDA, o Virtual Vision, o Jaws etc. Para conhecer mais sobre acessibilidade de conteúdos matemáticos proporcionada pela relação linguagem latex leitores de computador, leia a investigação de Carvalho (2015).

Referência

CARVALHO, J. C. Q. **Ensino de Física e deficiência visual:** Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar. 181p. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências do Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

6. Construção analógica do conceito de branco

André Luis Tato

Eder Pires de Camargo

Apresentamos a atividade 6.1, cujo objetivo é proporcionar condições para que um discente totalmente cego de nascimento construa, de forma analógica, o conceito de branco. Três aspectos importantes são ressaltados:

1. Um aluno totalmente cego de nascimento, após ter participado da atividade, não terá construído significados indissociáveis de representações visuais relacionados ao conceito de branco (rever o capítulo 1). A atividade se fundamenta na sensação tátil de misturas de grãos, que não aborda significados como o mencionado.
2. O aluno totalmente cego de nascimento terá condições de aprender o conceito de que o branco resulta da mistura (significado vinculado às representações visual e tátil). É esse o elemento analógico que a atividade se propõe a trabalhar. Contudo, o docente deve ter cuidado com a questão analógica, deixando claro aos alunos onde começa e termina a analogia (BOZELLI; NARDI, 2006), para que os estudantes não interpretem as informações ao pé da letra.
3. Discentes videntes e com baixa visão podem participar da atividade para poder partilhar do aprendizado de que o branco é proveniente da mistura.

Na sequência, a atividade 6.1 é apresentada.

Atividade 6.1

- a. devem ser selecionados sete grãos com diferentes tamanhos (significados vinculados às representações visual e tátil). Exemplos: arroz, feijão, lentilha, ervilha, grão de bico etc. Cada tipo de grão estaria associado, analogicamente, a um determinado comprimento de onda (significado vinculado às representações visual e tátil);
- b. devem ser separados recipientes onde se possa colocar cada tipo de grão. O aluno deve colocar o dedo indicador em cada recipiente com grãos e girar o dedo. Note que aqui ele terá uma sensação tátil individual de cada tipo de grão;
- c. a simulação analógica de branco seria uma mistura de pelo menos 3 grãos diferentes em um mesmo recipiente. Ao girar os grãos com um dos dedos, o aluno terá dificuldade em diferenciar tatilmente quais grãos tocarão sua pele nesse processo dinâmico.

Questões para o debate

1. O que é a luz?
2. O que é o branco?
3. O que são as cores?
4. Existem luzes de diferentes cores?
5. A luz se movimenta? Explique.
6. Como você sente a luz?
7. De onde vem a luz?
8. O que é um objeto transparente?
9. O que é um objeto opaco?
10. Qual é a diferença entre objetos opacos e transparentes?
11. Como diferenciar uma sala iluminada de uma sala escura?

Referência

BOZELLI, F.C.; NARDI, R. O discurso analógico no ensino superior de física. *In*: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. (org). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006. p.11-28.

7. Maquetes tátil-visuais para o ensino de espelhos esféricos e fibra óptica¹

Melina Machado Agostini
Rogério Perego e Silva
Diego de Alcântara
Gabriel Fernando Soares Santos
Julio Cesar Queiroz de Carvalho
André Luis Tato
Eder Pires de Camargo

Abordamos materiais para o ensino de conceitos ópticos para estudantes com e sem deficiência visual. Para tanto, apresentamos duas maquetes tátil-visuais. Maquete 7.1: representa a formação de imagem em espelhos esféricos; maquete 7.2: descreve a trajetória da representação de raio de luz no interior de uma fibra óptica.

Como os fenômenos físicos presentes no espelho esférico e na fibra óptica exibem um caráter observacional intimamente ligado à visão, é preciso promover um momento de descrição oral de características desses fenômenos. Para tanto, mostre-os aos alunos videntes e solicite para que eles falem sobre aquilo que estão vendo. Posteriormente, apresentaremos a figura 7.1, referente à fibra óptica. O que será observado é um feixe de luz (laser) acompanhando a trajetória de um jato de água. Isso acontece devido às múltiplas reflexões (grande parte delas são reflexões totais) ocorridas no interior do jato de água (Experimento 7.1).

Para o caso dos espelhos esféricos, apresente aos alunos videntes os espelhos côncavo e convexo e solicite que façam descrições orais acerca do que observaram nesses objetos (Experimento 7.2). Esses espelhos podem ser encontrados nos quites de laboratório de óptica presentes nas escolas. Se a escola não tiver tais superfícies refletoras, sugerimos a utilização dos espelhos de maquiagem, que possuem uma face côncava e outra convexa. Dependendo do tipo de espelho, os alunos videntes verão imagens reais, menores e invertidas ou então virtuais, menores e direitas, totalizando, para o espelho côncavo, 5 possibilidades de formação (ou 4, dependendo da interpretação dada) e uma para o espelho convexo. Essa análise foi baseada levando em conta classificações quanto à natureza, tamanho e sentido da imagem em relação ao objeto. Também foram consideradas possibilidades apenas para os espelhos gaussianos, ou seja, cuja abertura é bem pequena, possibilitando imagens fidedignas ao objeto.

A socialização de tais observações é fundamental para o prosseguimento da atividade, já que os discentes cegos totais não conseguem ver o que ocorre nos espelhos e no jato de água.

Figura 7.1 – Balde com água escorrendo e laser acompanhando o jato



Fonte: elaboração própria.

A parte da luz que sofre reflexão total acompanha visualmente a trajetória da água (maquete 7.2). A sensação do feixe acompanhar integralmente o jato deve-se às pequenas dispersões que ele sofre nas partículas presentes no líquido.

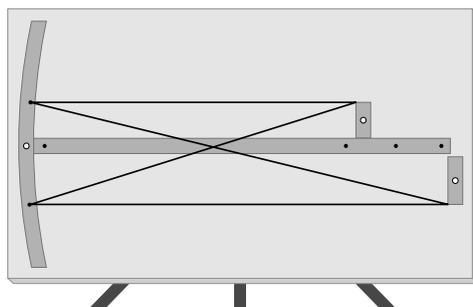
Na sequência, apresentaremos as maquetes 7.1 e 7.2.

A maquete 7.1 representa espelhos côncavos ou convexos. Por meio dessa maquete, pode-se demonstrar a construção geométrica de imagens feitas pelo professor no quadro e diferenciar as imagens em função de suas classificações.

A maquete 7.2 representa o fenômeno da reflexão ocorrido com a luz dentro de um jato de água (figura 7.3). Esse equipamento retrata o princípio de funcionamento da fibra óptica (figura 7.1).

A figura 7.2 corresponde à representação da formação de imagem em um espelho côncavo. A imagem que se forma é de um objeto de 7 cm colocado entre o foco e o centro de curvatura do espelho. A imagem é dita real, maior e invertida. Os elementos representados são: calota esférica (espelho côncavo), eixo principal (com espaço para o caso de se desejar locomover o espelho), objeto, imagem e raios de luz (representados pelos barbantes). A figura também exibe furos para a fixação do objeto e de imagens em outras posições (objeto entre foco e vértice, objeto sobre o centro de curvatura, objeto depois do centro de curvatura e objeto frontal a um espelho convexo em qualquer posição).

Figura 7.2 – Espelho esférico tátil-visual. Formação de imagem em espelho côncavo²



Fonte: elaboração própria.

A representação do espelho esférico na maquete 7.1 contém um excesso de curvatura, deixando-o fora da tolerância de Gauss. Como a maquete é ilustrativa, o motivo para esse excesso é permitir a comunicação, por meio da descrição oral e tátil, de que o objeto se trata de um espelho com origem em uma calota esférica.

Construção da maquete 7.1

Materiais a serem utilizados:

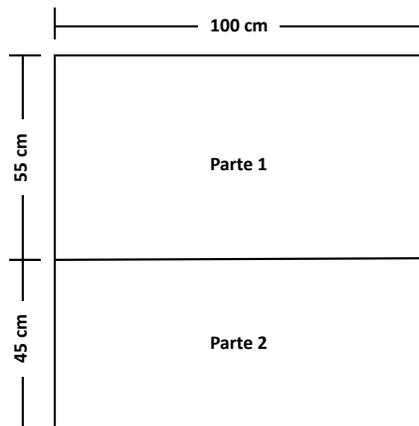
- uma placa de madeira MDF (1,00 x 1,00 x 0,15m), três parafusos com borboleta (1/4 x 2), 16 pregos (12 x 12), barbante e tintas de várias cores;
- serra tico-tico, furadeira, martelo e régua.

A placa de MDF foi escolhida pela facilidade de trabalho (cortar e/ou furar). Esse material pode ser adquirido em serralherias ou lojas de som automotivo (placa utilizada para fazer o tampão do porta-malas). Os pregos e parafusos podem ser adquiridos em lojas de ferramentas, enquanto as tintas são encontradas em papelarias.

Procedimentos para a construção da maquete 7.1

- demarcar e cortar a placa de madeira de acordo com o esquema 7.1:

Esquema 7.1 – Placa demarcada para o primeiro corte



Fonte: elaboração própria.

A placa de madeira foi cortada em duas partes, sendo uma de 1,00 x 0,55 m e a outra de 1,00 x 0,45 m. A placa menor deve ser utilizada para a construção das representações do objeto, das imagens, do espelho e do eixo principal

(esquema 7.2), e a placa maior para fixar esses elementos (suporte para a representação tátil-visual da formação de imagens em espelhos esféricos).

- b. calcular o local onde as imagens serão formadas (equação 7.1) e seus respectivos tamanhos (equação 7.2) para diferentes posições do objeto em relação ao eixo principal do espelho.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

(7.1)

```
\begin{equation}
\frac{1}{d}+\frac{1}{p}=\frac{1}{f}
\end{equation}\label{cap07:eq01}
```

É importante considerar que, se o raio de curvatura do espelho³ é de 80 cm (valor adotado para essa maquete), a distância focal F corresponde aproximadamente a metade desse valor (40 cm). O raio de curvatura é definido como a distância entre o vértice e o centro de curvatura do espelho.

$$\frac{i}{o} = - \frac{d}{p}$$

(7.2)

```
\begin{equation}
\frac{i}{o}=-\frac{d}{p}
\end{equation}\label{cap07:eq02}
```

Onde p significa a distância da posição do objeto sobre o eixo principal ao vértice do espelho; d , a distância da posição da imagem sobre o eixo principal ao vértice do espelho; f , a distância focal do espelho; i , o tamanho da imagem; e o , o tamanho do objeto.

Não utilizamos, nas equações 7.1 e 7.2, por dois motivos, o apóstrofo como marca diferenciadora de variável. Isso é usualmente feito para a distância da imagem ao espelho (P'):

1. O apóstrofo produz uma leitura truncada por leitores de tela, o que dificulta o entendimento de alunos com deficiência visual que estejam interagindo com as equações;
2. A pronúncia oral do referido símbolo é “pelinha”, onde “linha” refere-se ao apóstrofo em questão. A investigação de Camargo (2011, p. 217) mostrou que o discente com deficiência visual tende a entender ao pé da letra o signo “linha” e não como uma marca diferenciadora de variável. Isso faz com que esse discente se ocupe por muito tempo com problemas fora do contexto do ensino de Física, antes de iniciar raciocínios e reflexões sobre esse campo conceitual. Por isso, sugerimos que docentes não se utilizem de marcas diferenciadoras em variáveis, como o apóstrofo (ou outra qualquer).

Devido às dimensões da placa de madeira, o tamanho ideal para o objeto é de 7 cm de altura (tamanho identificado por testes durante a construção da maquete). A cada posição do objeto correspondem as seguintes posições e dimensões da imagem:

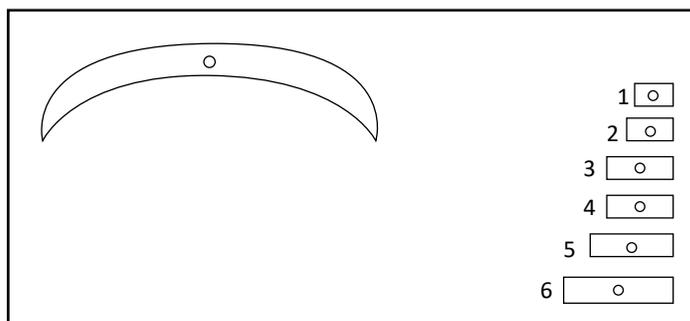
1. Objeto posicionado entre o vértice V e o foco F (20cm do espelho): imagem virtual, maior e direita, de 14 cm de altura, posicionada a 40 cm atrás do espelho (posicionada à esquerda). Nesse caso, o espelho deverá ser fixado, com a concavidade à direita (semelhante à figura 7.2), no espaço localizado no eixo principal. Esclarecemos que o vértice do espelho corresponde ao ponto onde o eixo principal encontra a calota esférica;
2. Objeto posicionado entre o foco F e o centro de curvatura C (70 cm do espelho) (figura 7.2): imagem real, maior e invertida, de 9,30 cm de altura, localizada a uma distância de 93,30 cm à direita do espelho. Esclarecemos que o foco principal de um espelho côncavo gaussiano corresponde ao ponto central de uma região de convergência de raios que incidem paralelamente ao eixo principal do espelho. A região de convergência será tão menor quanto menor for a abertura do espelho;

3. Objeto sobre o centro de curvatura C (80 cm do espelho): imagem real e invertida, de 7 cm de altura, posicionada a 80 cm do espelho (posição à direita do espelho);
4. Objeto posicionado depois do centro de curvatura C (85 cm do espelho): imagem real, menor e invertida, de 6,22 cm de altura, a 75,50 cm do espelho (à direita).

As relações entre objeto e imagem, apresentadas anteriormente, são válidas para o espelho côncavo. Para o espelho convexo, temos:

5. Objeto localizado a 20 cm do espelho, imagem virtual, menor e direita, de 4,65 cm de altura, localizada a 13,30 cm do espelho. Nesse caso, o espelho deve ser fixado de forma contrária à do espelho côncavo (ver a figura 7.2 invertida), no espaço localizado no eixo principal (conca-vidade do espelho voltada para a esquerda).
- c. marcar e cortar as peças (espelho, objeto e imagens) calculadas na etapa anterior (esquema 7.2):

Esquema 7.2 – Placa demarcada para o corte das peças (placa de 1,00 x 0,45 m)



Fonte: elaboração própria.

Sendo 1, 2, 3, 5 e 6 as imagens; 4, o objeto; e 7, o espelho esférico. É importante destacar que a distância entre as extremidades do espelho é de 45 cm e que o centro do espelho mede 3 cm. É igualmente importante destacar que o eixo principal pode ser construído cortando-se dois pedaços de madeira com as seguintes dimensões: 37 x 2 cm e 50 x 2 cm. Na sequência, fixe no centro da tábua maior esses dois pedaços, primeiramente o de 37 x 2 cm e, depois, o

de 50 x 2 cm, deixando entre eles um espaço de 3 cm. Esse espaço serve para a colocação do espelho esférico quando se deseja construir a imagem do objeto colocado entre o vértice e o foco do espelho côncavo, ou quando se pretende construir a formação de imagem no espelho convexo. Por isso, é preciso que você faça nesse espaço um orifício para prender o espelho com um parafuso. Depois, basta deslocar o espelho da posição indicada na figura 7.2 para a região vazia no eixo principal.

- d. marcar as posições na placa de madeira, furá-la para a fixação dos elementos cortados anteriormente e colocar o eixo principal. Você pode utilizar a tinta para pintar de diferentes cores as representações do objeto, das imagens, do eixo principal e do espelho. É importante destacar que a posição das peças pode ser modificada de acordo com o tipo do espelho e da localização do objeto e de sua imagem;
- e. determinar o caminho dos raios de luz (barbante) e fixar os pregos nas extremidades da placa com o intuito de prender o barbante para melhor manuseio do material. Para tanto, siga a regra da reflexão regular da luz nos espelhos esféricos:
 - o raio incidente paralelo ao eixo principal é refletido passando pelo foco do espelho;
 - o raio que incide no espelho passando pelo foco é refletido paralelamente ao eixo principal (figura 7.2).

Lembrando, o ponto imagem se forma quando ocorre a interseção dos raios de luz (imagem real) ou do prolongamento de raios de luz (imagem virtual).

Durante a explicação, você terá condições de conduzir as mãos do discente com deficiência visual pela maquete, tornando os elementos acessíveis a esse aluno. Poderá também utilizar essa maquete com os discentes videntes, proporcionando-lhes condições de observações visuais e táteis.

É importante deixar claro aos discentes que o ponto imagem somente pode ser visto se o olho do observador estiver posicionado sobre ele, ou se sobre esse ponto for colocado um anteparo refletor. É muito comum o seguinte erro conceitual: pensar que a estrutura objeto, imagem, espelho, eixo principal, raios de luz etc. pode ser observada lateralmente, como apresentado na figura 7.2. O que uma pessoa vidente veria observando tal estrutura seria o espelho em perspectiva, o eixo principal e o objeto. Dificilmente seriam

vistos os raios de luz, e, se sobre o ponto imagem não fosse colocado um conjunto de superfícies refletoras, com certas propriedades geométricas, para refletir perpendicularmente o raio de luz, ele não seria observado lateralmente. O conceito explicitado se fundamenta na ideia de que a visão só ocorre quando raios de luz penetram no olho do observador. Em contrapartida, a concepção alternativa de que é o olho do observador que lança algo no objeto para vê-lo é muito comum e fundamenta o erro conceitual aqui explicitado (GIRCOREANO, 1997). Discuta isso com seu aluno cego e com baixa visão.

Descrição da maquete 7.2 e de sua utilização

Materiais e procedimentos para a construção da maquete 7.2

O procedimento envolve a utilização de dois baldes transparentes de mesmo tamanho, cabendo, em cada um, cerca de 14 litros. Um retrata o fenômeno físico. Esse balde foi furado com uma broca de 0,5 cm de diâmetro a dois centímetros abaixo da metade de sua altura (figura 7.1).

O outro balde é idêntico ao primeiro. Além dele, a maquete 7.2 é formada por uma mangueira transparente de $3/4$ de diâmetro com 80 cm de comprimento e um fio de cobre com capa plástica, dobrável, de 1,5 m de comprimento. Na metade do balde, deve ser feito um furo de diâmetro um pouco maior que o da mangueira. Nesse furo, deve ser encaixada a ponta da mangueira, que se manterá fixa ao balde, devido à massa de *Durepox*. Dentro da mangueira, deve passar o fio de cobre dobrado em zigue-zague, saindo pelas duas pontas em linha reta. A mangueira deve possuir janelas abertas com estilete ao longo de sua extensão, e ser mantida dobrada como um arco de parábola (figura 7.3).

Figura 7.3 – Princípio de funcionamento da fibra óptica. Representação do laser acompanhando o fluxo de água proveniente do balde



Fonte: elaboração própria.

Utilização da maquete 7.2

Primeiramente, encha o balde que não possui furo com água (experimento 7.1). Em seguida, o líquido deve ser despejado no que possui o furo pequeno (furo esse até então tampado com o dedo). Um laser, fora do balde, deve ser ligado e sua luz direcionada para o furo. Como o recipiente é transparente, você pode fazer isso mirando o laser por trás do balde, tirando, em seguida, o dedo para que a água jorre e caia no balde vazio. Ela sai e cai formando uma curva bem próxima à de um arco de parábola. Quando você colocar sua mão ou qualquer anteparo no jato de água, é possível ver um pequeno círculo vermelho de luz onde a água atinge o obstáculo (figura 7.1). Isso ocorre para qualquer ponto do jato, desde que este não tenha perdido sua forma cilíndrica.

Essa situação exemplifica o funcionamento da fibra óptica e é explicada pelo fenômeno da reflexão interna. Quando a luz do laser entra no jato de água pelo furo, ela acaba se chocando com a parede interna do líquido. Como o ângulo de incidência da luz em relação à normal à superfície interna do cilindro de água é maior que o ângulo limite, ocorre reflexão interna, e a luz volta para o interior do jato. O processo se repete e, devido a numerosas reflexões, a luz acompanha a curva do jato de água, fazendo parecer que a luz está se curvando. Notemos como a lei de Snell-Descartes pode explicar esse fenômeno.

Consideremos dois meios homogêneos 1 e 2, sendo o meio 1 a água e o meio 2 o ar. Os índices de refração de um raio de luz monocromático vermelho (comprimento de onda de 628 nm) nesses meios são, respectivamente, n_1 e n_2 , com $n_1 > n_2$.

Um raio de luz monocromático vermelho propaga-se do meio 1 incidindo nas paredes desse meio e sofrendo reflexão interna. Descreveremos tal fenômeno pela lei de Snell-Descartes.

Quando um raio de luz passa de um meio mais refringente para outro menos refringente, ele se afasta da normal. Segundo as condições de nosso problema, teremos θ_1 como o ângulo formado entre o raio incidente no meio 1 e a normal e θ_2 como o ângulo formado entre o raio de luz refratado e a normal. O maior ângulo possível entre o raio de luz refratado e a normal será 90° . A partir desse valor, o raio de luz incidente não sofrerá mais refração, sendo refletido para o interior do meio mais refringente. Nas condições apresentadas, θ_1 , que será o ângulo formado entre o raio de luz incidente e a normal, para $\theta_2 = 90^\circ$, é denominado ângulo limite. Em tal condição, teremos $\theta_2 = 90^\circ$ e $\sin(\theta_2) = 1$.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

(7.3)

$\begin{equation}$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$\end{equation}$ \label{cap07:eq03}

Substituindo q_2 θ_2 por 90° 90° , a equação 7.3 pode ser reescrita como sendo:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 90^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \cdot 1$$

$$n_1 \sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

`\begin{equation*}`

`n_1*\sin \theta_1=n_2*\sin 90^\circ \\\`

`n_1*\sin \theta_1=n_2*1 \\\`

`\sin \theta_1=\frac{n_2}{n_1}`

`\end{equation*}`

Dessa forma, podemos determinar o ângulo q_1 θ_1 , ou seja, o ângulo limite, como sendo:

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

(7.4)

`\begin{equation}`

`\theta_1=\arcsin \frac{n_2}{n_1}`

`\end{equation}\label{cap07:eq04}`

Considerando, respectivamente, os índices de refração⁴, na água e no ar, do raio de luz monocromático na faixa do vermelho⁵ (comprimento de onda 678 nm ou $678 \cdot 10^{-9}$ m $678 \cdot 10^{-9}$ m) iguais a 1,33188 e 1,00027, respectivamente, teremos o seguinte valor para o ângulo limite:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \sin^{-1} \frac{1,00027}{1,33188} \\ \theta_1 &= \sin^{-1} 0,75102 \\ \theta_1 &= 48,6789^\circ \\ \theta_1 &\cong 48,7^\circ \end{aligned} \tag{7.5}$$

```
\begin{equation*}
\theta_1=\arcsin \frac{1,00027}{1,33188} \\
\theta_1=\arcsin 0,75102 \\
\theta_1=48,6789^\circ \\
\theta_1 \cong 48,7^\circ
\end{equation*}
```

Se o raio de luz vermelho incidir nas paredes do jato d’água com ângulos maiores ou iguais a $48,7^\circ$ com a normal, ele sofrerá reflexão total, não sendo refratado. É isso que ocorre no fenômeno descrito na figura 7.1, ou seja, é o que justifica o fato do raio acompanhar a trajetória da água.

Até aqui, explicamos o funcionamento da parte que ilustra, para pessoas videntes, o funcionamento da fibra óptica. Mas como descrever tais características para pessoas com deficiência visual? É por meio da maquete 7.2 que elas poderão sentir, com as mãos, a representação da forma curva que o jato de água descreve no ar e a representação das múltiplas reflexões internas da luz em seu interior.

A segunda parte do procedimento didático consiste em usar o arranjo envolvendo balde, arame e mangueira (figura 7.3). O aluno, com ou sem deficiência visual, colocará a mão na parte interna do balde e perceberá, apalpando, que existe um arame em linha reta que entra na mangueira através da ponta que fica dentro do balde. Com a outra mão (ou com a mesma), poderá manusear a parte da mangueira que fica fora do balde e colocar os dedos na parte interna da mangueira através das janelas que ali existem, podendo,

então, verificar a forma zigzagueada do arame representando as reflexões internas da luz, até ele sair, em linha reta, para fora da mangueira, como ocorre com a fibra óptica. Observe que o ângulo formado entre o arame, que representa o raio de luz, e a normal, reta imaginária perpendicular à parede interna do jato d'água, é bastante satisfatório em relação ao resultado obtido para o ângulo limite ($48,7^\circ$ $\approx 48,7^\circ$).

Questões para debate

Sobre espelhos esféricos:

1. O que você acha que é um espelho?
2. Por que você acha que as pessoas usam o espelho?
3. Que tipo de espelho você conhece?
4. Você já ouviu falar nos espelhos côncavo e convexo?
5. Para você, o que acontece no espelho quando as pessoas olham para ele?
6. Por que acontece isso?
7. O que é para você uma imagem?
8. Qual é a diferença entre um espelho e um pedaço de vidro?
9. O que acontece quando as pessoas olham para espelhos esféricos, como os espelhos côncavo e convexo?
10. E o que ocorre quando as pessoas olham para espelhos planos?

Sobre fibra óptica:

11. Você já ouviu falar em fibra óptica?
12. Onde ela é utilizada?
13. Como funciona a fibra óptica?
14. Você já ouviu falar em reflexão da luz?
15. O que é a reflexão da luz?
16. Qual é a relação entre o fenômeno da reflexão da luz e a fibra óptica?

Referências

- CAMARGO, E. P. *et al.* Artefatos tátil-visuais e procedimentos metodológicos de ensino de física para alunos com e sem deficiência visual: abordando os fenômenos presentes na fibra óptica e em espelhos esféricos. **Benjamin Constant** (Online), v. abril, p. 1, 2012. Disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/402/115>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- CAMARGO, E. P. **Ensino de óptica para alunos cegos**: possibilidades. 1. ed. Curitiba: CRV, 2011.
- GIRCOREANO, J. P. **O ensino de óptica e as concepções sobre luz e visão**. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Física da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

Notas de fim

- 1 Este capítulo traz abordagens baseadas no artigo *Artefatos tátil-visuais e procedimentos metodológicos de ensino de física para alunos com e sem deficiência visual: abordando os fenômenos presentes na fibra óptica e em espelhos esféricos*, escrito por Camargo *et al.* (2012), disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/402/115>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- 2 Figura meramente ilustrativa inspirada na maquete 7.1
- 3 Por simplificação, em algumas ocasiões no texto, utilizamos expressões como “espelho”, “objeto”, “imagem” etc. Na verdade, estamos trabalhando com representações tátil-visuais desses elementos e não com os elementos de fato.
- 4 Referências para a obtenção dos índices de refração: Raio de luz vermelho na água: Disponível em: <http://refractiveindex.info/?group=LIQUIDS&material=Water>. Acesso em: 06 jan. 2022.
- 5 Raio de luz vermelho no ar. Disponível em: <http://refractiveindex.info/?group=GASES&material=Air>. Acesso em: 06 jan. 2022.

8. Maquete tátil-visual para o ensino de sombra

Mauricio Grisi Cavalheiro
Cesar Eduardo Gagliardo Junior
André Luis Tato
Eder Pires de Camargo

Apresentamos a maquete 8.1, que objetiva abordar, junto a estudantes com e sem deficiência visual, a formação de uma região de sombra. A maquete ilustra, mais especificamente, a formação da região de sombra de um objeto opaco quando iluminado por uma fonte de luz pontual.

A sombra possui um aspecto visual relacionado à diferenciação de ambientes escuros e totalmente iluminados. Os conceitos de claro e escuro, relacionados a esses ambientes, não podem ser comunicados aos alunos cegos totais de nascimento, pois esses conceitos possuem um significado indissociável de representação visual.

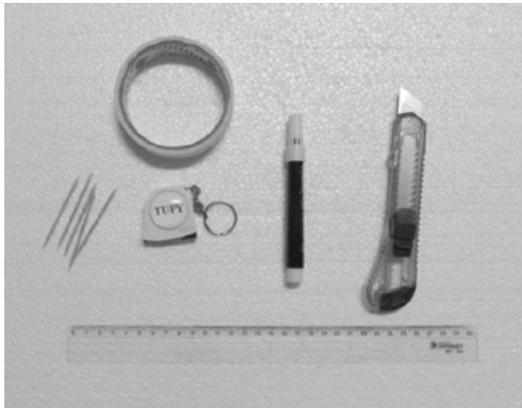
Construção da maquete

Materiais utilizados:

- a. duas placas retangulares de isopor com lados iguais a 98 cm x 49,5 cm;
- b. hastes de plástico (para a construção das arestas que representam os raios de luz). Essa construção também pode ser feita com ripas finas de madeira;

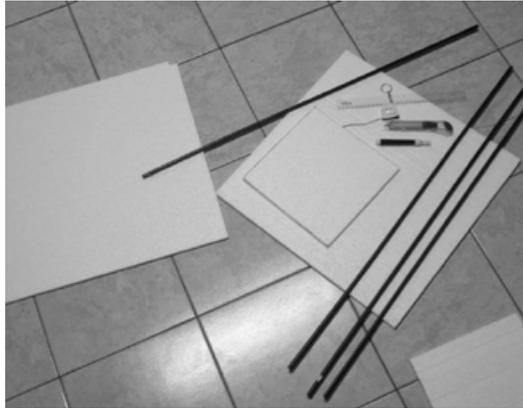
- c. fita adesiva (para a fixação das arestas no isopor e para juntá-las na extremidade superior da estrutura);
- d. régua pequena;
- e. trena;
- f. caneta (para garantir a precisão dos cortes);
- g. palitos de madeira (para facilitar a fixação das arestas). Podem ser utilizados palitos de dentes, por exemplo;
- h. estilete (para o corte).

Figura 8.1 – Materiais necessários para a construção da maquete 8.1



Fonte: elaboração própria.

Figura 8.2 – Materiais utilizados (os tubos pretos são as arestas, representam os raios de luz e foram retirados de bandeiras)



Fonte: elaboração própria.

Figura 8.3 – Exemplo de bandeira de onde foi retirada a haste de plástico



Fonte: elaboração própria.

Procedimento para a construção da maquete 8.1

Primeiro passo

Definição do tamanho das placas de isopor a serem cortadas. Essa definição deve levar em consideração a proporção entre as dimensões das placas (objeto e sombra) e a distância entre elas. A responsabilidade para a definição das dimensões do objeto, da sombra e da altura entre sombra e objeto é do professor de Física e dos estudantes. Isso dá flexibilidade para os participantes das atividades variarem as dimensões.

Após a definição do tamanho, defina também a referência de corte com a caneta e corte a placa com o estilete (figuras 8.4 e 8.5).

Figura 8.4 – utilizando a caneta para referência de corte



Fonte: elaboração própria.

Figura 8.5 – Procedimento utilizado para cortar o isopor

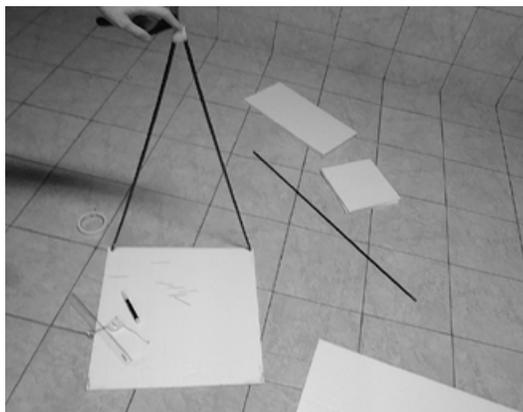


Fonte: elaboração própria.

Segundo passo

Fixe, com fita adesiva, as arestas (hastes plásticas) nos vértices do quadrilátero maior feito com o isopor (figura 8.6). Em seguida, una as quatro pontas das arestas para formar uma pirâmide. A placa de isopor será sua base (figura 8.7).

Figura 8.6 – Fixação das arestas: fazer o mesmo do lado oposto e depois juntar as duas pontas



Fonte: elaboração própria.

Figura 8.7 – Pontas unidas vistas a partir do topo



Fonte: elaboração própria.

Terceiro passo

Coloque, paralelamente e entre a ponta e a base da pirâmide, a placa menor de isopor. A posição da placa determina seu tamanho: quanto mais próximo da base maior será a placa e quanto mais próximo da ponta menor será a placa. Utilize a fita adesiva para fixá-la (figura 8.8).

Figura 8.8 – Placas menores colocadas entre o topo da pirâmide e a base



Fonte: elaboração própria.

O ápice da pirâmide representa o ponto luminoso, as arestas representam os raios luminosos, as placas menores representam o objeto em que a luz será incidida e a base representa a sombra produzida pelo objeto.

Para facilitar o entendimento, é adequado fazer variações no tamanho do objeto. Nesse caso, mantemos fixo o ponto luminoso e o tamanho da sombra e variamos a posição do objeto e suas dimensões.

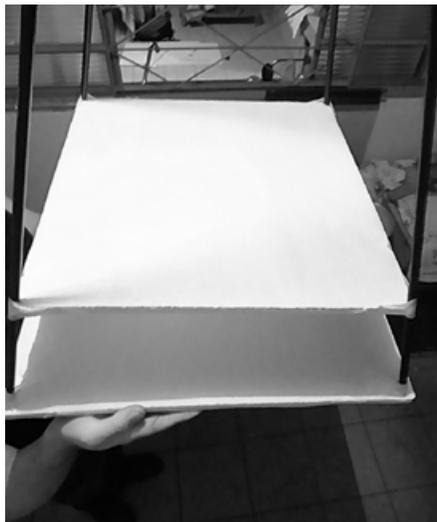
Nas figuras 8.9 e 8.10, é possível observar a correspondência entre a placa de isopor maior e a sombra do objeto (placa de isopor menor).

Figura 8.9 – Representação de raios de luz incidindo sobre o objeto e a formação da sombra (I)



Fonte: elaboração própria.

Figura 8.10 – Representação de raios de luz incidindo sobre o objeto e a formação da sombra (II)



Fonte: elaboração própria.

Utilização da maquete 8.1

Explique aos alunos o conceito de sombra, destacando, pelo princípio da propagação retilínea da luz, que a luz não contorna os objetos. Para tanto, organize os discentes em torno da maquete. Em seguida, coloque um ponto de luz sobre o ápice da pirâmide para que os alunos sem deficiência visual e com baixa visão observem a sombra. Solicite para que os alunos videntes descrevam suas observações visuais.

Convide os alunos cegos para que utilizem o tato, a fim de perceberem a representação analógica da sombra. Esse procedimento também deve ser utilizado junto aos alunos sem deficiência visual e com baixa visão, pois é importante que eles realizem observações táteis da representação contida na maquete. Explique onde se localiza o ponto de luz, que as arestas representam os raios luminosos, que a placa de isopor superior e menor representam o objeto, que os raios luminosos que incidem sobre o objeto não o atravessam e, portanto, a luz não chega, pelo menos não diretamente, ao isopor inferior que representa a base da região de sombra do objeto.

Um acréscimo em relação à etapa anterior: coloque um objeto na região diretamente iluminada e, em seguida, na região iluminada indiretamente, onde estaria a região de sombra. Peça aos alunos videntes para descreverem as variações observadas e inicie uma discussão buscando as causas dessas diferenças.

Peça aos alunos para que tenham cuidado ao tocarem a maquete devido à sua fragilidade. É importante que a maquete seja tocada por um aluno de cada vez. Por fim, promova um debate entre todos os alunos, solicitando para que eles apresentem suas explicações acerca do observado e que discutam as questões abaixo.

Questões para o debate

1. O que é uma região de sombra?
2. Em uma região de sombra não há iluminação, ou seja, se colocarmos nessa região um objeto que não esteja emitindo luz, ainda assim o objeto poderá ser visto?
3. Considerando a questão 2, analise a seguinte frase: “Pedrinho foi visto dormindo sob a sombra de uma árvore”.
4. Compare Pedrinho dormindo sob uma árvore no momento em que o Sol está a pino com o objeto colocado entre as placas de isopor. Ambos podem ser vistos, por quê?
5. Em uma sala grande sem iluminação e com paredes escuras, um professor de Física acendeu uma vela e convidou seus alunos a brincarem usando as mãos para formar sombras. Como é possível justificar a fidedignidade entre os contornos das mãos com a forma da base das regiões de sombra formadas?
 - 5.1. Se os alunos afastarem a mão da fonte de luz e a aproximarem da parede, o que acontecerá com o volume da região escurecida?
 - 5.2. E se os alunos aproximarem a mão da vela, o que acontecerá com o volume da região escurecida?
6. Uma sombra existe materialmente?

Atividade extra

Colocando-se no lugar de uma pessoa cega...

7. Leve seus alunos para um local aberto, com pouca iluminação de preferência, logo após o Sol se pôr, independente do horário. Olhando para o céu (a olho nu), será possível ver pontinhos se deslocando continuamente. São satélites artificiais se deslocando de oeste para leste aproximadamente (alguns bons graus de diferença não vão interferir na observação). A partir de um certo ponto, a cada grau deslocado o satélite será menos visível até desaparecer por completo (será bem nítido o desaparecimento visual dos satélites). Sabe-se que o satélite não se desintegrou, logo, ele ainda está ali se deslocando, mesmo não sendo observado pelos olhos por não estar mais refletindo luz (não há mais informação para os olhos).

Quando o satélite “começou” o seu desaparecimento visual, foi por ter entrado na região de penumbra da Terra. Ao desaparecer, foi por entrar na região de sombra. Não refletindo luz, o satélite não será mais visto.

Para pensar...

8. Fabiana, uma moça de pele branquinha, resolveu passar o dia na praia (um dia de alto verão e sem nuvens) e resolveu não utilizar protetor solar. Seu argumento baseou-se na sua permanência debaixo de uma barraca de praia aberta. Segundo suas palavras: “na sombra o Sol não me mete medo”.

Ao final do dia, como estará Fabiana?

Sugestão de pontos a serem abordados em cada questão

Acerca das questões:

1. Sombra não é apenas a parte escura aparente em um anteparo opaco como uma parede ou até mesmo o chão. O conceito de sombra envolve toda região entre o objeto opaco e o anteparo opaco. Nessa atividade, por motivos didáticos, foi discutida a formação de uma região de sombra a partir de uma fonte pontual, ou seja, uma fonte cujas

dimensões são desprezíveis quando comparadas com as dimensões envolvidas na análise;

2. Um objeto não emissor de luz tem que estar invisível quando localizado em uma região de sombra. No experimento sugerido, um objeto continuará aparente se colocado entre as placas de isopor com uma fonte luminosa no vértice superior da pirâmide. O motivo é a reflexão da luz nos objetos em volta, como paredes ou até mesmo os alunos mais próximos (principalmente se a camisa da escola for vista como branca ao ser iluminada por luz policromática);
3. existe um erro: se Pedrinho estivesse em uma região de sombra ele não poderia ser visto;
4. Ambos podem ser vistos porque as regiões não são realmente de sombra. A explicação aqui é a mesma da questão 2;
5. A questão 5 é bem tradicional e a parte matemática ainda pode ser abordada por meio de uma simples semelhança de triângulos;
6. uma sombra não possui matéria e seu conceito é baseado apenas na ausência de luz em certas circunstâncias;
7. Uma pessoa cega é capaz de perceber detalhes cotidianos por meio de seus outros sentidos. Na atividade proposta, o interessante é o professor aproveitar esse momento para discutir como sabemos que algo está em certo lugar e não somos capazes de perceber;
8. A dispersão da luz na areia resultará em uma intensidade luminosa considerável embaixo da barraca, por este motivo Fabiana vai ficar “queimada”, caso não use protetor.

9. Maquete tátil-visual para o ensino de resistor e de associação de resistores¹

Éder Alves Pereira

Jefferson Yoshio Ocwada

Rodolfo Cesar Cestari

Eder Pires de Camargo

Apresentamos a maquete 9.1, que traz representações tátil-visuais de resistores elétricos, circuitos em série e em paralelo. Após montarmos, junto com os alunos, os circuitos, explicaremos conceitos e sistematizaremos as ideias envolvidas e levantadas em equações para que os discentes possam trabalhar e calcular as resistências equivalentes dos respectivos circuitos.

Para os alunos com deficiência visual, uma lousa de alumínio e imãs com números em Braille fixados darão uma perspectiva do que é trabalhar com equações matemáticas (TATO, 2009).

Com a maquete 9.1, abordamos conceitos sobre lei de Ohm, resistência elétrica, corrente elétrica, circuitos em série e circuitos em paralelo.

Materiais e procedimentos para a construção da maquete 9.1:

- a. 20 pinos banana;
- b. 61 bornes;
- c. placa de madeira (MDF) de dimensões 1,5x0,5m;

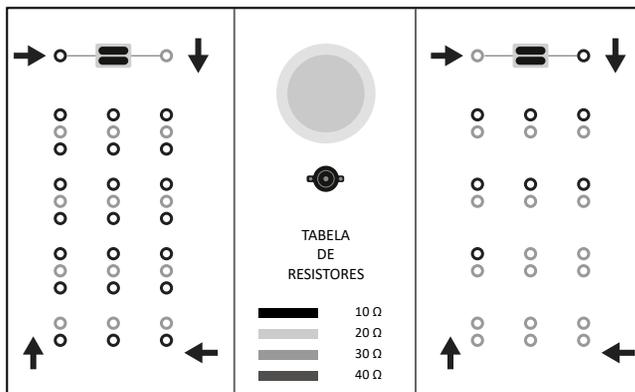
- d. chapa de alumínio de dimensões 0,5x0,5m;
- e. oito resistores de 100 Ohms;
- f. quatro baterias de 1,5V;
- g. oito leds verdes de alto brilho;
- h. um bip (buser);
- i. cano de PVC (0,5 polegadas de diâmetro e 40cm de comprimento);
- j. tampa para o cano (caps de 0,5 polegada);
- k. dez metros de cabo de 0,5mm;
- l. duas dobradiças pequenas;
- m. imãs (redondos – 0,5cm de diâmetro – e em forma de fita – 0,5m);
- n. lixas (quatro texturas).

Para a montagem, utilizamos também alicates, chaves de fenda, furadeira e ferro de solda. Os materiais podem ser encontrados em casas de materiais elétricos, marcenarias e lojas de construção.

Procedimento para a construção da maquete 9.1

Começamos a montagem da maquete fixando os pinos bornes, a bateria, o bip e os leds na placa de madeira (figura 9.1).

Figura 9.1 – Início da montagem da maquete 9.1

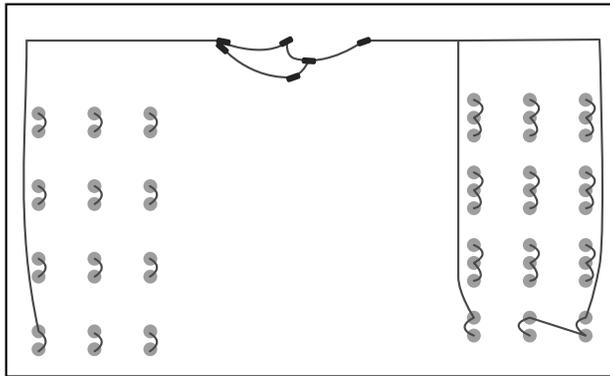


Fonte: elaboração própria.

De um lado do material, foram fixados 3 bornes juntos, onde será montado o circuito paralelo. Do outro lado, foram fixados dois bornes juntos, onde será montado o circuito em série. Em cima dos leds, colocamos um fundo de garrafa para melhorar a observação visual.

O segundo passo consiste em ligar os pinos por trás da placa. Essa ligação pode ser feita de várias maneiras. Uma delas é a que mostramos na figura 9.2. Dividimos a madeira em duas partes, sendo uma para o circuito em paralelo e outra para o circuito em série.

Figura 9.2 – Ligação dos fios por trás da placa



Fonte: elaboração própria.

A união dos fios foi feita de modo que quando se liga o circuito em série, os resistores fiquem também em série com a lâmpada e com o bip. Isso fará com que chegue no circuito uma corrente menor, proporcionando observações visual e auditiva no circuito (o bip e a luminosidade da lâmpada ficarão mais “fracos” quando comparados com os mesmos sinais de uma associação em paralelo).

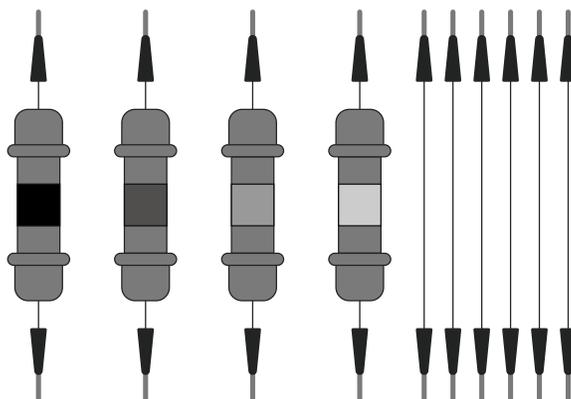
Quando ligados em paralelo, eles ficarão igualmente em paralelo com a lâmpada e o bip. Assim, uma corrente maior passará nessa associação (proporcionando também observações visual e auditiva diferentes para o circuito em paralelo quando comparado com a associação em série). Nesse caso, o bip ficará mais “forte”, tal qual a luminosidade da lâmpada.

Partimos então para a montagem da representação dos cabos e dos resistores. Utilizamos nesse processo pedaços do fio, os pinos banana, pedaços do cano e as lixas. Esses materiais darão textura à representação dos resistores, ou seja, eles poderão ser diferenciados tatilmente, assim como analogamente fazemos com resistores comuns, quando verificamos a regra de cores. Dessa forma, os alunos com e sem deficiência visual poderão relacionar o valor da resistência com a textura (usamos a textura mais áspera para o maior valor de resistência).

As representações dos resistores foram ampliadas, pois as mesmas, em seus tamanhos originais, são muito pequenas. Isso dificulta a observação tátil

da analogia entre resistência x cores e resistência x superfícies ásperas. Para tanto, utilizamos cano de PVC para representar o resistor de tamanho ampliado. Dentro de cada um deles, colocamos dois resistores ligados em série. Em cada ponta dos resistores, foi soldado um fio saindo pela ponta dos canos. Nesses fios foram soldados os pinos banana (figura 3).

Figura 9.3 – Imagem dos cabos e resistores



Fonte: elaboração própria.

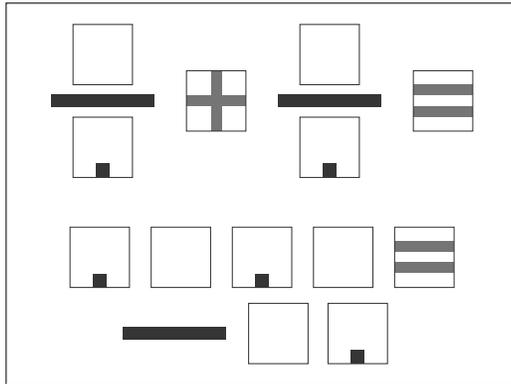
Fixamos com dobradiças, também na placa de madeira, a chapa de alumínio que será utilizada como uma lousa para que os alunos com deficiência visual efetuem as contas com os números e símbolos em Braille (imãs).

A construção dos sinais e valores deve ser feita de forma antecipada. Utilize os ímãs circulares. Procure um professor do atendimento educacional especializado e solicite que ele escreva, em Braille, alguns valores numéricos (por exemplo, de 1 a 10) e várias letras “R”. Cole, nas peças imantadas, os valores numéricos e as letras “R”. Recorte peças da fita imantada (quantas forem necessárias) com as seguintes dimensões: 1x1 cm. Os sinais de “mais”, “menos”, “multiplicação” e “divisão” devem ser feitos em alto relevo nos fragmentos da fita imantada. Faça isso, utilizando-se de cola. Barras para representar as frações podem ser construídas com o mesmo material imantado.

A construção das equações matemáticas seguirá a mesma lógica dos registros visuais utilizados nos cálculos de associação em série e paralelo. Isso facilitará o processo de realização de cálculo por parte do aluno com

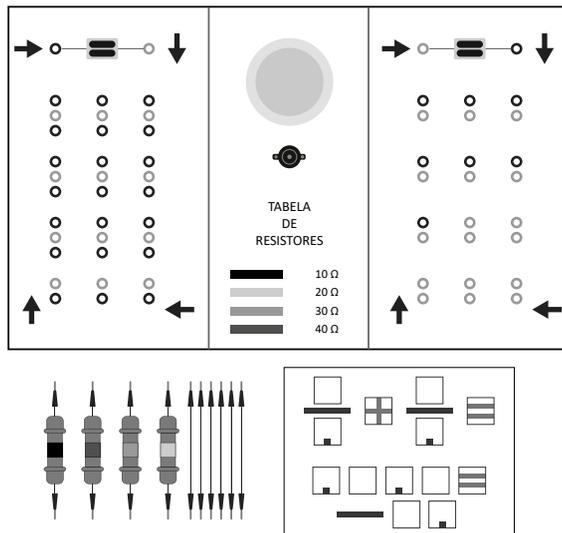
deficiência visual, pois lhe proporcionará condições de simultaneidade entre raciocínio, registro dos cálculos e revisão do que já fora efetuado, para o prosseguimento do processo (figura 9.4).

Figura 9.4 – Material para construção de equações matemáticas



Fonte: elaboração própria.

Figura 9.5 – Maquete 9.1 finalizada



Fonte: elaboração própria.

Como utilizar a maquete 9.1

Inicialmente, o docente pode apresentar uma introdução de circuitos em série e em paralelo, destacando que em série a corrente que passa pelos resistores é a mesma e que a diferença de potencial do resistor equivalente é a soma das diferenças de potencial de cada resistor da associação. Para o caso da associação em paralelo, a diferença de potencial é a mesma para cada resistor e a corrente que passa pela resistência equivalente corresponde à soma das correntes que passam por cada resistor.

Na sequência, o docente pode passar para a etapa de montagem dessas associações. Nesse momento, sua função é a de auxiliar os alunos, pois eles devem ter liberdade no processo. Quando fechados, os circuitos acionarão um bip e uma luz, e estes terão uma variação de intensidade se ligados em série ou em paralelo (diferentes observações, visual e auditiva).

Em um segundo momento, o aluno com deficiência visual usuário do Braille trabalhará com as equações no quadro de alumínio. Para tanto, estarão disponíveis, em peças de imã: sinais de “igual”, “mais”, “multiplicação” e “fração”. Além desses sinais, também estarão disponíveis símbolos representando as resistências, bem como, alguns valores numéricos para que os cálculos sejam efetuados.

O professor pode colocar os alunos à sua volta para que todos possam observar o que está acontecendo em relação às associações. O aluno com deficiência visual terá o referencial auditivo de observação. Os alunos videntes terão dois referenciais observacionais.

Questões para debate

1. O que ocorre com as intensidades da luz e do som do bip quando os resistores estão ligados em série e em paralelo? Por quê?
2. O que é resistência elétrica?
3. O que é diferença de potencial elétrico?

Referências

- TATO, A. L. **Material de equacionamento tátil para usuários do sistema braile**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, 2009.
- PEREIRA, E. A.; OCAWADA, J. Y.; CESTARI, R. C.; CAMARGO, E. P.; ANJOS, P. T. A. Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF): QUALIDADE NO ENSINO DE FÍSICA: PERSPECTIVAS E DESAFIOS NO SÉCULO XXI, 19., 2011, Manaus. **Anais** [...]. Manaus: SBF, 2011. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/51711254/material-associacao-de-resistores-alunos-cegos-e-surdos-eder-pereira-jefferson-o/2>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Notas de fim

- 1 Este capítulo é inspirado em algumas abordagens presentes no texto *Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva*, escrito por Pereira, Ocawada, Cestari, Camargo e Anjos (2011), disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/51711254/material-associacao-de-resistores-alunos-cegos-e-surdos-eder-pereira-jefferson-o>. Acesso em: 10 jan. 2022.

10. Representação multissensorial de dipolo e linhas de campo magnético¹

Bruno José Corrêa

Marcos Paulo Segantini dos Santos

Rafael Augusto dos Anjos Rosa

Eder Pires de Camargo

Apresentamos maquetes que auxiliam o professor de Física na explicação de conceitos do magnetismo, ou seja, a inexistência dos monopolos magnéticos e as características das linhas de campo magnético.

A maquete 10.1 é composta de representações táteis de ímãs dispostos um dentro do outro de forma que, ao “quebrar” o “ímã” exterior, três outros se formarão com as mesmas características magnéticas do anterior. A representação dos ímãs foi feita por esferas ocas de isopor que se encaixam e estão envolvidas por um tecido flexível que permite que outras esferas sejam alojadas em seu interior. Essa combinação foi feita com três esferas ocas de tamanhos diferentes e uma menor maciça.

Durante a explicação, o professor deve deixar claro que essa divisão pode prosseguir indefinidamente. Para diferenciar o polo norte do polo sul, cada casca hemisférica foi feita com texturas, cores e essências diferentes. Para facilitar a explicação docente, todas as esferas foram colocadas em um eixo comum e fixadas em um suporte de madeira.

A maquete 10.2 é composta por uma base ligada por uma haste a um bloco, ambos de madeira. Esse bloco representa um ímã e possui as mesmas

características sensoriais das esferas, ou seja, texturas, cores e essências diferentes. No bloco, encontram-se ligados arames, que unem o polo norte ao polo sul, contendo setas de buchas de construção simbolizando, respectivamente, as linhas de campo magnético e seu sentido.

Como mencionado, abordamos dois conceitos do magnetismo, a inexistência dos monopolos magnéticos e o comportamento das linhas de campo magnético. Sabemos que ao quebrarmos um ímã ao meio, ele formará dois outros novos ímãs com as mesmas características polares do anterior. De acordo com experimentos físicos e previsões teóricas, esse procedimento pode ser realizado inúmeras vezes e mesmo assim os fragmentos dos ímãs terão as mesmas características do ímã inicial (dipolo magnético).

Também é de conhecimento que as linhas de campo magnético são fechadas (segunda Lei de Maxwell – Lei de Gauss para o campo magnético) e saem do polo norte em direção ao polo sul (linhas externas ao ímã).

Para o caso do aluno com deficiência visual, as maquetes criam alternativas de aprendizagem por possibilitarem a realização de observações não visuais, como as táteis e olfativas, pois apresentam registros táteis para as representações de linha de campo e para propriedades analógicas de ímãs partidos. É fundamental que o professor tenha cuidado com a questão analógica, deixando claro aos alunos onde começa e termina a analogia (BOZELLI; NARDI, 2006).

Materiais e procedimentos para a construção das maquetes

Materiais utilizados:

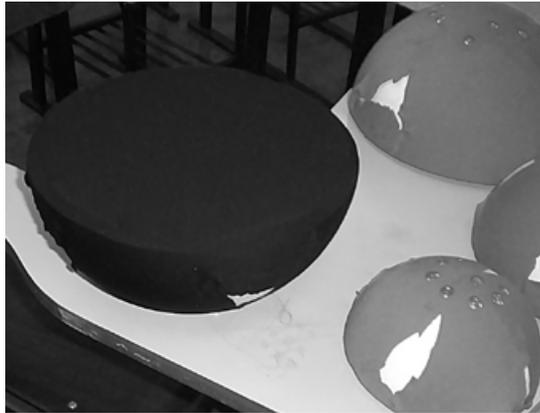
- a. esfera oca de isopor de 250 mm de diâmetro;
- b. esfera oca de isopor de 200 mm de diâmetro;
- c. esfera oca de isopor de 150 mm de diâmetro;
- d. esfera maciça de isopor de 100 mm de diâmetro;
- e. cola para isopor;
- f. tecido viscolycra;
- g. massa acrílica para parede;

- h. tintas para tecido nas cores preto e vermelho;
- i. essências de morango e chocolate;
- j. pincéis;
- k. arame de aço;
- l. suporte de madeira;
- m. cola glitter;
- n. haste de madeira;
- o. bloco de madeira;
- p. placa fina de madeira;
- q. buchas de construção para fixação de parafusos.

Procedimentos para a construção das maquetes

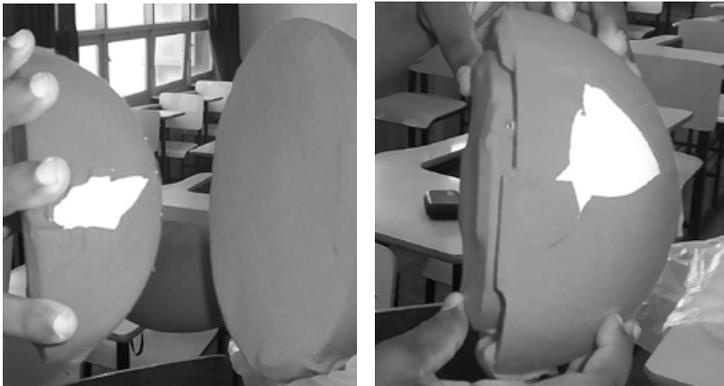
Para a construção da maquete 10.1, foram utilizadas as esferas ocas de isopor. Duas metades delas, quando unidas, representam um bipolo caracterizado por cores, rugosidades e cheiros distintos. Cada calota esférica, em sua parte convexa, representa um dos polos, norte ou sul. Quando essas esferas forem separadas ao meio, cada metade representará um novo ímã. Para facilitar a comunicação do significado da formação de um novo ímã, as partes internas das semiesferas foram fechadas com tecido flexível, viscolycra (figura 10.1). Nessa nova configuração, a parte com tecido representará um dos polos e a calota esférica o outro polo do ímã. A utilização de um tecido flexível foi necessária para a introdução de uma nova esfera no interior da maior (figuras 10.2 a e 10.2b). Sendo assim, ao abrir uma das esferas, aparece outra, fato que visa representar o surgimento de um novo ímã.

Figura 10.1 – Cascas hemisféricas revestidas com viscolycra



Fonte: elaboração própria.

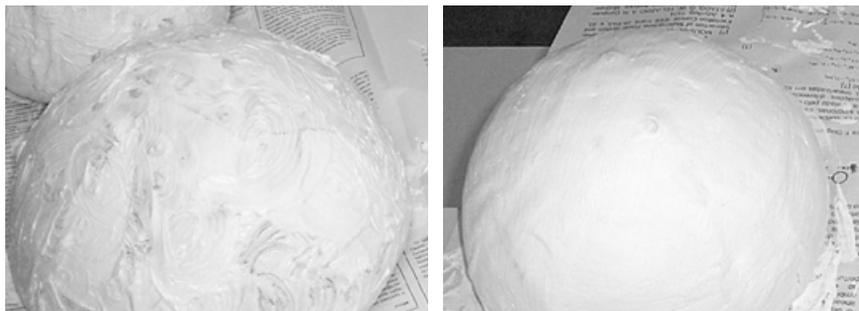
Figura 10.2 – (a) disposição das cascas hemisféricas antes do encaixe; (b) disposição das cascas hemisféricas depois do encaixe



Fonte: elaboração própria.

Para a fixação do tecido no interior da esfera, foram utilizados cola para isopor e tachinhas (figura 10.1). Passamos ainda massa acrílica na parte externa das esferas para aumentar sua resistência e produzir nela diferentes texturas (uma lisa e outra rugosa) (figura 10.3).

Figura 10.3 – Formas diferentes de texturas feitas com massa acrílica – figura da esquerda representando a esfera com textura rugosa e a da direita representando a esfera com textura lisa



Fonte: elaboração própria.

Após o processo descrito, deixamos as esferas secarem por aproximadamente uma semana. Depois, foi possível pintar cada uma de suas calotas nas cores vermelho ou preto. A cor de cada semiesfera era oposta à do tecido que recobria sua abertura (tomando como lógica arbitrária de oposição as cores vermelho e preto). A textura vermelha, responsável por representar o polo sul, possuía a textura rugosa. Assim, o tecido vermelho foi chapiscado com cola glitter para adquirir igualmente textura rugosa (figura 10.4). O aroma de morango foi fixado nas partes vermelhas da representação do imã, e o aroma de chocolate, nas partes de cor preta.

Figura 10.4 – Hemisférios de mesmos tamanhos que unidos formam a representação de um ímã



Fonte: elaboração própria.

A esfera maciça foi incrementada com textura, cor e aroma, assim como as ocas. Depois de todos os procedimentos descritos, foi possível passar um arame como um eixo central por todas as esferas e fixá-lo em um suporte de madeira, como mostra a figura 10.5.

Para a construção do suporte, foram utilizadas três placas de madeira. Esse suporte pode ser modificado por outro formato ou substituído por dois voluntários que segurem as extremidades do arame.

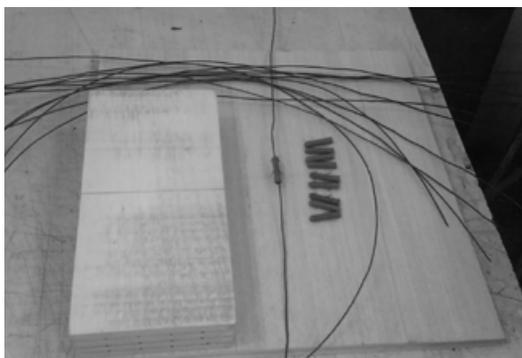
Figura 10.5 – Maquete 10.1 finalizada



Fonte: elaboração própria.

Para a montagem da maquete 10.2, foi utilizada uma placa fina de madeira como suporte. Nela, foi encaixada uma das extremidades de uma haste também de madeira. A haste, por sua vez, foi encaixada na sua outra extremidade em um bloco pequeno de madeira que possui as mesmas características dos ímãs do primeiro material, ou seja, cores, texturas e essências diferentes para diferenciar a representação do polo norte da representação do polo sul (figuras 10.6 e 10.7).

Figura 10.6 – Materiais para a montagem da maquete 10.2



Fonte: elaboração própria.

Nas extremidades do bloco de madeira, foram encaixados arames de aço que ligam a representação do polo norte à do polo sul. Nesses arames, que simbolizam as linhas externas de campo magnético, foram fixadas buchas de construção representando setas que saem da representação do polo norte e vão em sentido à do polo sul.

As dimensões do bloco não são rígidas e podem ser estimadas pelo professor. O importante é que a maquete fique num tamanho adequado para a observação tátil do formato e do sentido da representação das linhas de campo.

Figura 10.7 – Maquete 10.2 finalizada



Fonte: elaboração própria.

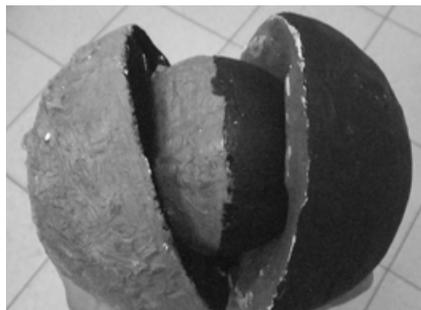
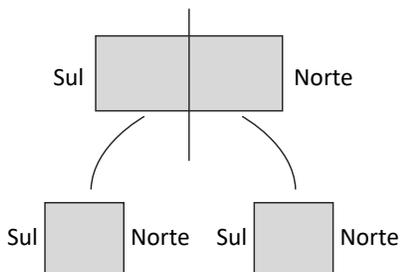
Possibilidades de utilização das maquetes

Para a utilização das maquetes, a sala deve estar disposta de forma que todos os discentes possam vê-las (se forem videntes), tateá-las e cheirá-las, ou seja, a sala, preferencialmente, não deve ser numerosa. Caso seja, as maquetes devem ser apresentadas em grupos pequenos. Para isso, pode ocorrer o rodízio das maquetes entre os grupos. Outra possibilidade é construir mais de um exemplar de cada equipamento. As maquetes são independentes e podem ser apresentadas em qualquer sequência, desde que uma seja utilizada para complemento da outra.

Em relação à utilização da maquete 10.1, quando os alunos perceberem a diferença entre as representações dos polos, o professor deve estar atento para relacionar as múltiplas sensações aos polos norte e sul. Após dividir a primeira esfera, o professor deve permitir que os alunos percebam, por meio dos múltiplos sentidos, o que ocorre quando a representação de um ímã é quebrada (figura 10.8). Com a maquete 10.1, essa repartição pode ser realizada três vezes, pois a última esfera é maciça. Nesse ponto, o professor deve deixar explícito que essa divisão continua e o fato dela ser maciça simboliza

que não conseguimos mais quebrar o ímã com nossas próprias mãos, processo que pode ser feito por outros métodos.

Figura 10.8 – Comparação que deve ser feita pelo professor acerca das disposições dos ímãs ao serem quebrados



Fonte: elaboração própria.

Acerca do emprego da maquete 10.2, o professor deve permitir que os alunos acompanhem o formato do arame e o sentido indicado pelas setas (bucias) com as mãos e consigam perceber o sentido das linhas, ou seja, do polo norte para o polo sul. É importante destacar que esse sentido é válido para linhas de campo externas ao ímã. Para linhas internas, o sentido se inverte, indo do polo sul para o norte.

Questões para o debate

1. O que é um ímã?
2. O que acontece quando você aproxima um ímã de outro objeto? Por quê?
3. Qualquer objeto sofre atração de ímãs?
4. Discuta por que alguns materiais são atraídos por ímãs e outros não.
5. O que ocorre quando você aproxima um ímã de outro?
6. O que é o campo magnético?
7. Do que é constituído o campo magnético?
8. Discuta qual é o sentido das linhas de campo magnético: a) externa ao ímã, b) interna ao ímã.

9. É possível observar o campo magnético? Se sim, por meio de quais dos sentidos e através de quais experiências?
10. As linhas de campo magnético são entidades físicas reais? Discuta.
11. O que ocorre quando você parte ao meio um ímã?
12. É possível separar os polos sul e norte de um ímã?
13. Discuta o que são bipolo e monopolo magnéticos.
14. É possível a existência de monopolos magnéticos na natureza? Justifique.
15. É possível a existência de bipolos magnéticos na natureza? Justifique.

Referências

- BOZELLI, F. C.; NARDI, R. O discurso analógico no ensino superior de física. *In*: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. (org.). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência**: a sala de aula em estudo. São Paulo: Escrituras, 2006. p.11-28.
- CORREA, B. J.; SANTOS, M. P. S.; ROSA, R. A. A.; CAMARGO, E. P.; ANJOS, P. T. A. Inclusão no ensino de física: materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF): QUALIDADE NO ENSINO DE FÍSICA: PERSPECTIVAS E DESAFIOS NO SÉCULO XXI, 19., 2011, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: SBF, 2011. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/51711211/inclusao-no-ensino-de-fisica-materiais-para-fenomenos-do-magnetismo-bruno-correa>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Notas de fim

- 1 Este capítulo traz algumas abordagens presentes no texto *Inclusão no ensino de física: materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo*, escrito por Correa, Santos, Rosa, Camargo e Anjos (2011).

Sobre os autores

Eder Pires de Camargo

Pós-doutorado em Educação para a Ciência – Universidade Estadual Paulista (Unesp). Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Mestre em Educação para a Ciência e Licenciatura em Física pela Unesp de Bauru. É Professor Associado Doutor do Departamento de Física e Química da Unesp de Ilha Solteira e do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência (PG/FC) da Unesp de Bauru. É credenciado no programa Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP). Coordena o grupo de pesquisa Ensino de Ciências e Inclusão Escolar (Encine). É livre docente em Ensino de Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) de Ilha Solteira.

André Luis Tato

Doutor em Ensino de Física pelo programa Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ensino de Ciências pelo Centro Federal de Tecnologia Celso Suckow da Fonseca (Cefet-RJ). Licenciado em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Atualmente, é professor ativo permanente do Colégio Pedro II.

André Ramalho dos Santos

É licenciado em Física pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Bruno José Corrêa

Foi aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Cesar Eduardo Gagliardo

Foi aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Danilo de Freitas Oliveira

É mestre em Física da Matéria Condensada, com ênfase em “Materiais poliméricos”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais da Unesp de Ilha Solteira, SP. É Licenciado em Física pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Diego de Alcântara

É Licenciado em Física pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira. Atualmente, é assistente de suporte acadêmico junto ao Departamento de Engenharia Mecânica da mesma instituição.

Éder Alves Pereira

É licenciado em Física pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Gabriel Fernando Soares Santos

Foi aluno de Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Ilha Solteira, SP. É licenciado em Pedagogia pela Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul (UFMS – CPTL) e formado pelo Centro Específico para Formação e Aperfeiçoamento do Magistério-Andradina-SP (CEFAM).

Atualmente, é professor da rede municipal de Castilho, SP. Coursou Licenciatura em Física na Unesp de Ilha Solteira, SP entre os anos de 2005 e 2010.

Jefferson Yoshio Ocawada

É graduado em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Julio Cesar Queiroz de Carvalho

É doutor em Ensino de Ciências pelo programa Interunidades da Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ciências e Licenciatura em Ciências Exatas, com habilitação em Física e Química, pelo Instituto de Física da USP de São Carlos. É professor assistente da Escola de Ciências Exatas e da Computação (ECEC) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO).

Luiz Ferreira Neto

É licenciado em matemática pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP. Atualmente, é docente de Matemática da rede pública de ensino do estado do Mato Grosso do Sul.

Marcos Paulo Segantini dos Santos

É Licenciado em Física pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP. Foi aluno do curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Fundação Municipal de Educação e Cultura (Funec) de Santa Fé do Sul, SP e professor de Física nas seguintes instituições: Colégio Geração Objetivo de Cassilândia-MS, Colégio União Salgadense Objetivo de General Salgado-SP, Colégio Cecafe de Santa Fé do Sul-SP e Escola CEIA de Palmeira d'Oeste-SP.

Mário Pinto Carneiro Junior

É graduado em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). É mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). Atualmente, trabalha como Assistente de Suporte Acadêmico II pelo Departamento de Física e

Química da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Mauricio Grisi Cavalheiro

Mestre pelo programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP. Graduado em Licenciatura em Física pela Unesp de Ilha Solteira.

Maykon André Montanhera

Foi aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Melina Machado Agostini

Foi aluna do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) Campus de Ilha Solteira, SP.

Rafael Augusto dos Anjos Rosa

É licenciado em Física pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira. Foi aluno de Mestrado em Ciências dos Materiais junto ao Programa de Pós-graduação em Ciências dos Materiais da mesma instituição. É professor na Faculdade Católica do Tocantins (FACTO) – Palmas, To e tutor de ensino à distância no Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – Palmas.

Rodolfo Cesar Cestari

Foi aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Rogério Perego e Silva

É formado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP. Fez especialização em Engenharia de Estruturas. Foi aluno do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Victor Marcelo Vicentini Cavalcante

É aluno de graduação em Bacharelado em Ciências da Computação pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Presidente Prudente, SP. Foi aluno do curso de Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira, SP.

Vitor Hugo Apolinário

Foi aluno de Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp) de Ilha Solteira. É técnico de Polícia Ostensiva e Preservação da Ordem Pública.

Este livro busca contribuir para a promoção de aulas inclusivas de Física, nas quais estudantes com e sem deficiência visual participem efetivamente, apresentando materiais comuns para o ensino de alunos videntes, cegos e com baixa visão. A obra objetiva, dessa forma, romper com o intitulado modelo “quarenta + um”, em que o “quarenta” diz respeito à média de alunos videntes de uma sala de aula e o “um” ao estudante com deficiência visual, somado à ideia de que este, de fato, não pertence à aula principal, e que o docente terá um trabalho adicional.

Os materiais são apresentados em nove capítulos. Os de dois a cinco descrevem experimentos para o ensino de conteúdos de mecânica. Os de seis a dez trazem maquetes sobre os conteúdos de óptica e eletromagnetismo. E, no capítulo um, é apresentado o referencial teórico sobre inclusão, multissensorialidade, representação e percepção. Assim, a obra interpreta a identidade e a diferença como duas faces da mesma moeda, representando uma relação indissociável para a promoção da educação inclusiva.

Prof. Dr. Eder Pires de Camargo



 **INCLUI**

encontrografia

encontrografia.com
www.facebook.com/Encontrografia-Editora
www.instagram.com/encontrografiaeditora
www.twitter.com/encontrografia