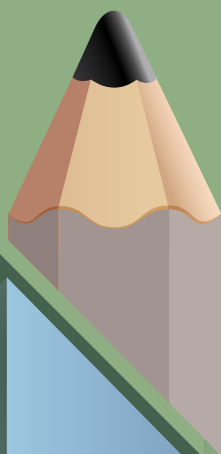


FÍSICA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS
E INVESTIGATIVAS



ESCOLA DE TEMPO
INTEGRAL

CADERNO DO PROFESSOR

ENSINO MÉDIO

Distribuição gratuita,
venda proibida



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

MATERIAL DE APOIO
AO PROGRAMA ENSINO INTEGRAL
DO ESTADO DE SÃO PAULO

FÍSICA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INVESTIGATIVAS

ENSINO MÉDIO
CADERNO DO PROFESSOR

Primeira edição

2014

São Paulo

Governo do Estado de São Paulo

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Jacobus Cornelis Voorwald

Secretária-Adjunta

Cleide Bauab Eid Bochixio

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Raquel Volpato Serbi Serbino

**Coordenadora da Escola de Formação e
Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP**

Silvia Andrade da Cunha Galletta

**Coordenadora de Gestão da
Educação Básica**

Maria Elizabete da Costa

**Coordenadora de Gestão de
Recursos Humanos**

Cleide Bauab Eid Bochixio

**Coordenadora de Informação, Monitoramento e
Avaliação Educacional**

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

**Coordenadora de Infraestrutura e
Serviços Escolares**

Dione Whitehurst Di Pietro

**Coordenadora de Orçamento e
Finanças**

Claudia Chiaroni Afuso

**Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE**

Barjas Negri

Prezado(a) professor(a),

Em dezembro de 2011, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo instituiu o Programa Educação – Compromisso de São Paulo, que tem como um de seus pilares expandir e aperfeiçoar a política de Educação Integral, como estratégia para a melhoria da qualidade do ensino e, portanto, para o avanço na aprendizagem dos alunos.

Nesse contexto, foi criado, em 2012, o Programa Ensino Integral, com o objetivo de assegurar a formação de jovens autônomos, solidários e competentes por meio de um novo modelo de escola. Esse novo modelo, entre outras características, prevê jornada integral aos alunos, currículo integrado, matriz curricular diversificada, Regime de Dedicção Plena e Integral dos educadores e infraestrutura que atenda às necessidades pedagógicas do Programa Ensino Integral. Essa estrutura visa proporcionar aos alunos as condições necessárias para que planejem e desenvolvam o seu Projeto de Vida e se tornem protagonistas de sua formação. O Programa, inicialmente direcionado a escolas de Ensino Médio, teve sua primeira expansão em 2013, quando passou a atender também os anos finais do Ensino Fundamental. O Programa deverá continuar sua expansão nos segmentos que já atende e ampliar sua atuação na Educação Básica, compreendendo também escolas dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Esta série de cadernos contempla um conjunto de publicações que se destina à formação continuada dos profissionais que atuam no Programa Ensino Integral e também ao apoio dos adolescentes e jovens em busca de uma aprendizagem bem-sucedida. Os cadernos ora apresentados têm um duplo objetivo: por um lado, oferecer subsídios para otimizar o uso dos laboratórios, com base nas diretrizes que fundamentam este Programa; por outro, destacar estratégias metodológicas que, em todos os componentes curriculares, concorrem para que os estudantes possam ampliar suas competências na área de investigação e compreensão – para observar, descrever, analisar criticamente os diferentes fenômenos de cada área, levantar hipóteses que os expliquem e propor iniciativas para mudar a realidade observada. A série é composta pelas seguintes publicações:

- Biologia: atividades experimentais e investigativas
- Ciências Físicas e Biológicas: atividades experimentais e investigativas
- Física: atividades experimentais e investigativas
- Manejo e gestão de laboratório: guia de laboratório e de descarte
- Matemática – Ensino Fundamental – Anos Finais: atividades experimentais e investigativas
- Matemática – Ensino Médio: atividades experimentais e investigativas
- Química: atividades experimentais e investigativas
- Pré-iniciação Científica: desenvolvimento de projeto de pesquisa
- Robótica – Ensino Fundamental – Anos Finais
- Robótica – Ensino Médio

Pretende-se, dessa maneira, contribuir para que as escolas desenvolvam atividades experimentais e investigativas nos laboratórios, nos segmentos a seguir:

- Ensino Fundamental – Anos Finais: nas aulas de Ciências Físicas e Biológicas e de Matemática; nas aulas de Práticas Experimentais; e nas aulas de disciplinas eletivas, dependendo da especificidade dos temas e conteúdos selecionados.

- Ensino Médio: nas aulas de Biologia, Física e Química, da 1ª a 3ª séries; nas aulas de Prática de Ciências, na 1ª e 2ª séries; nas aulas de disciplinas eletivas, da 1ª a 3ª séries, dependendo da especificidade dos temas e conteúdos selecionados; e em atividades para o desenvolvimento de Projetos de Pré-iniciação Científica dos alunos.

Bom trabalho!

Equipe do Programa Ensino Integral



SUMÁRIO

Orientações sobre os conteúdos do Caderno	6
Tema 1: Tempo de reação humana	9
Considerações iniciais	9
Como investigar o problema?	9
Para saber mais	12
Tema 2: O tempo e sua medida.....	13
Considerações iniciais	13
Como investigar o problema?	14
Para saber mais	17
Tema 3: Galileu Galilei e o plano inclinado.....	18
Considerações iniciais	18
Como investigar o problema?	19
Para saber mais	22
Tema 4: Desequilíbrios e equilíbrios.....	23
Considerações iniciais	23
Como investigar o problema?	24
Para saber mais	29
Tema 5: Fenômeno da ressonância	29
Considerações iniciais	29
Como investigar o problema?	30
Para saber mais	33
Tema 6: Propagação de ondas na água	34
Considerações iniciais	34
Como investigar o problema?	35
Para saber mais	38

Tema 7: Sons e o osciloscópio – um estudo sobre cordas vibrantes	39
Considerações iniciais	39
Como investigar o problema?	40
Para saber mais	45
Tema 8: Eletricidade e cargas elétricas.....	46
Considerações iniciais	46
Como investigar o problema?	47
Para saber mais	51
Tema 9: Simulando um circuito residencial.....	52
Considerações iniciais	52
Como investigar o problema?	53
Para saber mais	56
Tema 10: Caminhos da energia – processos de geração e sua transformação	56
Considerações iniciais	56
Como investigar o problema?	57
Para saber mais.....	61



ORIENTAÇÕES SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Este Caderno apresenta exemplos de atividades experimentais, em complementação às presentes nas Situações de Aprendizagem dos Cadernos do Professor e do Aluno de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola), referenciados neste material como Caderno do Professor e Caderno do Aluno. Essas atividades contribuem para a efetivação de uma das premissas do Currículo do Estado de São Paulo, segundo a qual a educação científica não pode se resumir a informar ou transmitir conhecimento, mas precisa estimular a investigação científica, a participação social, a reflexão e a atuação na resolução de problemas.

Uma atividade experimental pode atender a vários objetivos, que dependem de escolhas quanto ao conteúdo, aos procedimentos e à articulação entre eles, na prática em sala de aula. O para quê, o quê e o como são os três elementos indissociáveis de uma proposta de ensino, e a escolha de um deles define a natureza dos outros dois.

Dessa forma, um arranjo experimental pode ser utilizado para demonstrar um fenômeno, como o aparelho de Van de Graaff, que pode proporcionar um belo espetáculo com suas descargas luminosas, ou o pêndulo de Newton, que pode intrigar os estudantes e incentivá-los a compreender a natureza dos movimentos das esferas. Nesse tipo de experimentação, embora não se tenha participação direta dos estudantes, pode-se chamar a atenção para aspectos específicos, mostrando que a Física é bela, mágica e intrigante, o que é importante no processo de educação científica.

Os mesmos arranjos, o aparelho de Van de Graaff e o pêndulo de Newton, podem ser utilizados segundo outra abordagem didática experimental, para aprofundar a compreensão de várias grandezas elétricas e mecânicas, por meio de procedimentos experimentais bem estruturados em um protocolo de realização. Essas são as chamadas atividades experimentais tradicionais, nas quais os estudantes executam etapas determinadas por você, professor, para obter resultados já definidos ou esperados. Nessas atividades, o foco está no aprofundamento de conceitos da Física – elas normalmente terminam com a determinação de um valor ou de uma relação quantitativa entre grandezas mensuráveis –, proporcionando uma melhor compreensão dos conceitos estudados teoricamente. Embora não se recomende o uso constante e exclusivo desse tipo de procedimento didático, pois não são oferecidas oportunidades para o desenvolvimento de habilidades mais amplas da investigação experimental, essa abordagem permite desenvolver habilidades importantes da investigação científica, como a de ler e executar um protocolo em um determinado tempo, realizar medidas com o cuidado exigido pelo equipamento, apresentar resultados de forma organizada, comunicar resultados de forma objetiva ou reconhecer a importância do trabalho em grupo.

Um terceiro procedimento possível no uso desses mesmos aparelhos seria sua utilização em projetos de investigação experimental de estudantes. Nesse tipo de abordagem mais complexa, eles são os autores da escolha e do processo investigativo. Para que uma atividade experimental desse tipo se torne realizável, é necessário que os estudantes já tenham desenvolvido habilidades básicas como a de avaliar a importância do tema a ser investigado, contrapondo-se ao “fazer pelo fazer”; a capacidade de fazer previsões ou formular hipóteses que direcionarão os procedimentos





experimentais, reconhecendo que não se fazem previsões significativas sem conhecimentos científicos prévios; o uso adequado dos materiais disponíveis ou necessários para minimizar o custo do experimento; a execução cuidadosa da obtenção de dados, com a compreensão da necessidade de alterar cada variável por vez e de medir uma variável diversas vezes para diminuir o erro experimental associado, contrapondo-se assim à atitude do ensaio e erro; a sistematização de dados em tabelas ou outras maneiras de possibilitar análises comparativas; a redação de resultados e sua comunicação oral ou escrita; a análise da consistência interna do experimento confrontando os resultados com as hipóteses efetuadas, e, quando possível, a verificação da consistência externa comparando os resultados do experimento com aqueles das bibliografias científicas.

As habilidades mencionadas nas diferentes abordagens analisadas não são naturais e precisam ser construídas pelos estudantes, com o apoio, por exemplo, de atividades didáticas práticas. As atividades experimentais e investigativas propostas neste Caderno objetivam auxiliar os estudantes na construção dessas habilidades básicas e na ampliação de conhecimentos, que possibilitarão, como continuidade, a elaboração de projetos individuais ou em grupos.

Cada atividade está estruturada apresentando como ponto de partida uma situação experimental inserida em um contexto de natureza histórica e/ou social; em seguida, propõem-se alguns questionamentos que podem instigar e apoiar os alunos no levantamento de hipóteses que expliquem o problema. Após uma sugestão de protocolo de procedimento de execução, com espaços para a participação dos estudantes, há sugestões de continuidade, utilizando equipamentos disponíveis nas escolas ou materiais de baixo custo. Complementarmente, são indicadas algumas leituras para aprofundamento, relativas ao tema do experimento e sua ampliação.

São dez as atividades experimentais, sendo quatro para a 1ª série, três para a 2ª série e três para a 3ª série, e todas elas relacionadas aos temas dos Cadernos do Professor e do Aluno, complementando-os no sentido da ampliação e/ou aprofundamento.

Para a 1ª série, a primeira atividade trata da medida do tempo de reação a um estímulo, parâmetro importante para a qualidade dos dados experimentais com o uso de cronômetro e em muitas situações que envolvem reações a estímulos oriundos do trânsito, do esporte e de competições. A segunda atividade está relacionada com a necessidade da medida do tempo diário e a caracterização do pêndulo como marcador de tempo. A terceira atividade, contextualizada historicamente, trata da medição da aceleração da gravidade simulando o procedimento utilizado por Galileu. A quarta e última atividade, no contexto do cotidiano da construção civil, foca a atenção no equilíbrio mecânico, estudando situações dinâmicas de desequilíbrio e equilíbrio.

Para a 2ª série, a primeira atividade propõe a análise de ondas em águas rasas, contextualizando o experimento com o fenômeno das ondas que destroem cais e regiões costeiras. A segunda atividade trata da análise da ressonância, fenômeno presente nos meios de transmissão e sintonização de sinais, na Medicina e na Astronomia, entre outras áreas. A terceira atividade estuda os sons de flauta e violão utilizando um osciloscópio (simulado por *software*), importante equipamento para observações em Física, mas não usual em laboratório didático do Ensino Médio.



Para a 3ª série, está reservado, inicialmente, no contexto de fenômenos naturais com raios e faíscas, o estudo de condutividade das cargas elétricas estáticas. Como segunda atividade, vem a elaboração de um projeto e execução de uma planta de instalação elétrica residencial, com simulação em baixa voltagem. E, para finalizar, a última atividade aborda a conservação de energia na transformação da luz em energia, na qual estão presentes conceitos da Física moderna.

As atividades estão estruturadas em função da apresentação dos conteúdos nos Cadernos do Professor e do Aluno – e não em termos de complexidade das habilidades experimentais e investigativas. Todas elas são essenciais e cabe a você, professor, verificar as aproximações que estão ocorrendo em direção às habilidades básicas, na execução de cada experimento, no sentido de uma aprendizagem em espiral ascendente. A avaliação sistemática do processo de construção dessas habilidades deve ser o eixo norteador de mudanças e avanços das proposições de atividades experimentais e investigativas nos laboratórios das escolas do Ensino Médio.

No dia a dia da sala de aula, é sua prerrogativa selecionar atividades que favoreçam a construção de conhecimento e o desenvolvimento das habilidades que deseja para seus estudantes. As atividades práticas apresentadas neste Caderno representam contribuições para sua atuação como mediador da construção do estudante-sujeito: um estudante com curiosidade sobre o mundo que nos cerca; com capacidade para identificar um problema que gostaria de ver resolvido e a metodologia mais adequada para a solução do problema proposto; com capacidade de analisar resultados e tirar conclusões. Assim, é importante que um dos aspectos da educação seja o de ampliar o aprendizado com situações que exijam capacidades como as de imaginar, prever, decidir, fazer, experimentar, medir, construir, avaliar e aprimorar a realidade a que são ou serão submetidos em situações da vida, seja no ambiente escolar ou no mundo que os rodeia.





TEMA 1: TEMPO DE REAÇÃO HUMANA

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O tempo que decorre entre o instante em que uma pessoa recebe um estímulo e responde a ele é uma das causas da imprudência no trânsito, da incapacidade do goleiro de saber a direção da bola numa cobrança de pênalti ou do insucesso de um corredor por uma saída com atraso. Também em atividades experimentais e investigativas esse tempo de reação pode inviabilizar experimentos envolvendo medidas de tempo pequenas, realizadas com uso de cronômetro, como na medida da aceleração da gravidade pela queda de objeto próximo da superfície da Terra ou na aferição do período de oscilação de um pêndulo de 1 m de comprimento. No primeiro exemplo, o erro pode chegar próximo a 70% e, no segundo, a 20%. Em função da qualidade das medidas desejadas, a determinação da reação a um estímulo exige outros instrumentos de medida de tempo mais adequados.

Problema a ser investigado

Qual é a duração do tempo de reação de uma pessoa a um estímulo?

Habilidades

Reconhecer a importância do tempo de reação a um estímulo nas atividades do cotidiano; elaborar hipóteses sobre possíveis resultados, baseados em justificativas consistentes; coletar dados e sistematizá-los em tabelas; compreender que toda medição tem, associado a ela, um erro, que depende do equipamento utilizado e do procedimento de medição adotado; compreender que a média de várias tomadas de dados é o melhor valor da medida; compreender a necessidade de confrontar os resultados com as estimativas/hipóteses iniciais; desenvolver trabalho em grupo, ou em dupla, de forma harmoniosa, respeitosa e adequada; construir tabelas adequadas para apresentação de dados experimentais.

Número de aulas

3 aulas.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Um bom início é perguntar aos estudantes sobre outros eventos do cotidiano em que eles identificam o envolvimento do tempo de reação. Alguns exemplos são os tempos entre: tocar o telefone celular e atendê-lo; soar a campainha da porta e abri-la; acender e apagar uma lâmpada; ver um



objeto cair e pegá-lo ainda no ar; pegar um objeto lançado ao ar por outra pessoa; ouvir e responder a um chamado de seu nome; desviar a trajetória de um carro para evitar uma batida etc.

Em seguida, você pode perguntar aos estudantes qual seria um valor razoável do tempo de reação, em segundos, para uma reação que deveria ser repentina. Solicite que justifiquem as suas estimativas. Alguns podem dizer que é muitíssimo pequeno, quase zero, pois um estímulo é decodificado instantaneamente; outros podem ainda dizer que não é zero, mas é menor que um estalar de dedos, da ordem de 0,5 s; e outros podem ainda propor um valor maior que 1 s, pois a transmissão de informação no cérebro demora um tempo significativo. Documente os valores estimados para que, no final da atividade, eles sejam confrontados com os resultados obtidos experimentalmente. Tais estimativas são as hipóteses definidas pelos estudantes diante do problema apresentado.

Esta Atividade está estruturada em duas partes. A primeira trata da medida direta do tempo de reação entre sentir e agir, e a segunda, da medida indireta do tempo entre ver e agir.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Cronômetro e régua milimetrada de 30 cm para cada dupla.

Procedimentos a ser adotados

Parte 1 – Tempo de reação: sentir e agir

Quanto tempo uma pessoa leva para perceber um aperto na mão esquerda e responder apertando a mão direita estendida pelo colega? Esse tempo de reação é igual para todas as pessoas?

Os estudantes fazem uma roda de mãos dadas. Um deles, com um cronômetro em uma das mãos, o aciona e, simultaneamente, aperta a mão de seu colega à direita. Este, ao receber o aperto na mão esquerda, aperta a mão do colega à direita e assim sucessivamente. Desse modo, a propagação da ação do aperto de mão volta ao estudante que está com o cronômetro, que o desliga quando seu colega da esquerda aperta sua mão esquerda.

É conveniente fazer aproximadamente 10 medições dessa propagação de apertos de mão, anotando-as em uma tabela do tipo: número do ensaio × valor da medida.

Em cada um dos ensaios, os estudantes podem obter valores discrepantes ou repetidos. Normalmente, observam-se valores maiores nos primeiros ensaios. Sugira-lhes que descartem valores muito discrepantes e considerem a média aritmética como o melhor valor da medida. Dividindo o valor do tempo de reação do grupo de estudantes pelo número de estudantes participantes da roda, determina-se o tempo de reação. Esse valor deverá ser de aproximadamente 0,2 s.

Parte 2 – Tempo de reação: ver e agir





O objetivo é medir o tempo que uma pessoa leva para perceber que um objeto está caindo e reagir a isso, fechando a mão para interromper a sua queda.

Um estudante (A) segura uma régua na vertical, pela extremidade superior (por exemplo, no número 30 da régua). Outro estudante (B), cujo tempo de reação será medido, coloca os dedos da mão, semiabertos, na extremidade inferior da régua (por exemplo, no número 5 da régua), sem tocá-la.

Em determinado instante, sem avisar, o estudante (A) solta a régua e o estudante (B) deve fechar os dedos para segurá-la. Medindo quanto a régua se deslocou (ΔS) entre os dedos do estudante (B), pode-se determinar o tempo de reação (t_R). Isso é feito facilmente, pois a régua executa um movimento de aceleração constante g . É uma experiência em que o tempo é obtido indiretamente, pela medida do deslocamento.

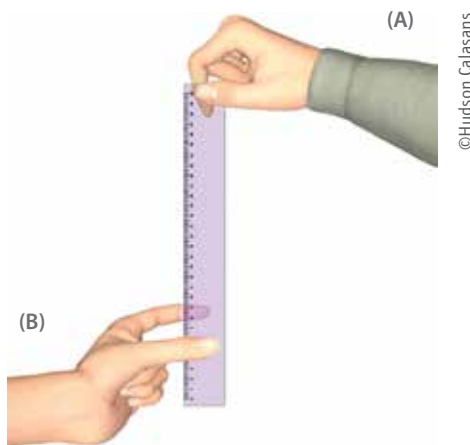


Figura 1 – Posições das mãos em relação à régua.

Peça aos estudantes que façam 10 ensaios e anotem as medidas dos deslocamentos em uma tabela do tipo: número do ensaio \times valor da medida. Sugira-lhes novamente que descartem os valores muito discrepantes e considerem a média aritmética como o melhor valor da medida.

O tempo de reação é dado por $t = (2 \cdot \Delta S / g)^{1/2}$. Por exemplo, no caso do deslocamento de valor 25 cm, tem-se, aproximadamente: $t = [(2 \times 0,25) / 10]^{1/2} = 0,22$ s.

Discussão dos resultados

Observe que os dois experimentos resultam em valores próximos de 0,2 s. Esse é um valor bastante aproximado das medidas encontradas em outros trabalhos científicos, com outros procedimentos de medida. Se os estudantes estiverem atentos, esse tempo chega a cair pela metade – certamente foi possível ver isso de maneira clara na experiência com a régua. A cada tentativa, o tempo de reação pode diminuir em virtude do aumento da atenção e depois começar variar em torno de um valor.

Compare os resultados das experiências com as estimativas que os estudantes fizeram no início da atividade. Discuta as diferenças e as semelhanças, utilizando as justificativas deles.

Traga para essa discussão a questão dos *Riscos da alta velocidade em veículos*, desenvolvida no Caderno do Professor de Física, 1ª série, Volume 1, Situação de Aprendizagem 13, p. 82-89.

Pode ser bastante interessante fazer uma discussão sobre os erros de medida observados em cada uma das experiências. Uma sugestão é estimar, como erro associado ao valor médio, o erro absoluto igual à metade da diferença entre o maior e o menor valor medido (maior valor – menor valor)/2. Há outros tipos de erros que podem ser causados pelos instrumentos, pelo método de

medida ou pelo experimentador, denominados de sistemáticos por serem constantes e ocorrerem sempre no mesmo sentido.

Ampliação do estudo experimental

- a) Existem várias pesquisas que mostram a importância do tempo de reação na vida de um esportista. Estudar, para vários tipos de esporte, o tempo de reação de seus grandes atletas seria uma proposta de pesquisa interessante, com a participação do professor de Educação Física.
- b) Outra proposta de pesquisa é verificar se o tempo de reação visual, ou auditiva, está relacionado com as atividades práticas esportivas realizadas pelos estudantes, com participação de professores de Educação Física, Biologia e do técnico de informática.
- c) Um projeto de construção de um programa para computador, ou um aparelho, que meça o tempo de reação a um evento visual ou auditivo, como o disponível na Rede Interativa Virtual de Educação (Rived), é outra proposta de pesquisa interessante que necessita da participação do técnico de informática.

PARA SABER MAIS

BRASIL. MEC. RIVED, Tempo de reação. Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/atividades/fisica/ondas/atividade2/fis4_ativ2_anexo.swf>. Acesso em: 26 nov. 2014. Após conceituação de tempo de reação, é apresentado um programa para medir o tempo de reação a um estímulo luminoso. Vale a pena conferir.

CARREIRO, L. R. R.; FERREIRA, I. R.; WALTER MACHADO-PINHEIRO, W. Comparação de desempenho de jogadores de voleibol e não esportistas em tarefas de orientação automática e voluntária da atenção visual: um estudo exploratório. *Psicologia: Teoria e Prática*, v. 11, n. 2, dez. 2009.

OLIVEIRA, J.; PANZERA, A. C.; GOMES, A. E. Q. Medição de tempo de reação como fator de motivação e de aprendizagem significativa no laboratório de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 3, dez. 1998, p. 301-307.

RUSCHEL, C. et al. Tempo de reação simples de jogadores de futebol de diferentes categorias e posições. *Motricidade*, v. 7, n. 4, out. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S1646-107X2011000400008&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SANT'ANA, M. M. *Tempos de reação e atenção visuoespacial mobilizada voluntariamente em atletas e não atletas*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Humana) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42137/tde-20092013-102224/pt-br.php>>. Acesso em: 26 nov. 2014.





TEMA 2: O TEMPO E SUA MEDIDA

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O que é o tempo? O tema nos remete a uma das questões fundamentais da humanidade. Como identificar e perceber sua existência? Como fazer seu registro? Sendo uma das grandezas fundamentais da Física, a formalização do tempo é algo que surpreendentemente gera embaraços. De forma geral, quando questionadas sobre o significado de tempo, as pessoas se ocupam de um tempo pensando na resposta. Embora tão cotidiano, não é algo muito simples de definir.

A necessidade de dimensionar o tempo aparece com a necessidade humana de saber situar eventos no “quando” de seu momento (início, meio ou fim), em situações como a duração de uma estação do ano, uma época de plantio ou colheita, a caracterização de um movimento ou até na dimensão da própria existência. Na Física, sua determinação é uma questão que acompanha de forma intrínseca a percepção das demais grandezas observáveis (espaço, temperatura, decaimento etc.) e como estas são relacionadas.

O relógio mecânico, surgido no século XIV, foi um marco da civilização industrial, moldado na ideia de desempenho e produtividade na atividade humana, que provocou mudanças profundas nos valores culturais, na organização social e política e nas técnicas. A invenção do relógio de pêndulo, no século XVII, reduziu a margem de erro dos relógios de cerca de 15 minutos por dia para menos de 15 segundos, tornando o relógio mais confiável para fazer a medida do tempo.

Uma reflexão sobre o tempo e sua medida pelo movimento do pêndulo, objetivos desta Atividade, podem ser realizadas após o estudo dos movimentos presente nos Cadernos do Aluno e do Professor da 1ª série.

Problema a ser investigado

Como se percebe o tempo? Como se mede tal percepção e se torna mensurável algo que aparenta ser abstrato?

Habilidades

Identificar, a partir da observação, o tempo como uma grandeza física; compreender algumas relações entre outras grandezas associadas que permitam mensurar o tempo; construir, ou elaborar, métodos e dispositivos que possam fazer sua medição e permitir seu registro; reconhecer o pêndulo simples com um marcador de tempo; compreender que, para pequenas oscilações, o período de um pêndulo independe de sua amplitude.

Número de aulas

Para o desenvolvimento das discussões, construções e investigação, sugerem-se três aulas.



COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Você pode apresentar as questões a seguir para os estudantes na problematização inicial:

Parte 1 – De que forma o tempo altera as coisas ou o espaço ao seu redor, ou ele não faz essas alterações? Inverta a pergunta e indague se o espaço ou as coisas podem alterar o tempo. Como se pode perceber o tempo? Como se pode medi-lo? Em outras palavras: que acontecimentos do cotidiano indicam a passagem do tempo? O amadurecimento de uma fruta? As mudanças de posição de um caderno? As diferentes fases da Lua? As diferentes posições do Sol no céu?

Parte 2 – Como se pode medir o tempo utilizando um pêndulo? Quais são as variáveis físicas do pêndulo que podem ser úteis a esse tipo de medida?

Execução da atividade experimental

Material necessário

Parte 1 – máquina fotográfica digital (pode ser a que existe no celular dos estudantes); uma folha de papel para registro, lápis ou caneta; e um relógio que registre horas, minutos e segundos.

Parte 2 – uma trena, um cronômetro com precisão mínima de 1 décimo de segundo (pode ser um cronômetro de aparelho celular), três esferas metálicas (chumbada de pesca) de diferentes diâmetros (entre 15 e 30 mm), 2 m de fio de náilon, transferidor e suporte para pêndulo.

Procedimentos a ser adotados

Parte 1 – *Percebendo o tempo*

Pergunte aos estudantes: *O que é o tempo?* Ao levantar as hipóteses, anote as respostas para posterior confronto entre os resultados finais e estes aqui registrados.

Os estudantes devem ser divididos em grupos e executar a seguinte tarefa:

- 1) Para registrar os dados, o grupo deve fazer uma tabela com as colunas (a) Foto e (b) Hora (hh:mm:ss) e nela anotar o instante em que a foto foi tirada.

Medida 1:

- a) Coloque um objeto sobre uma mesa (um vaso ou estojo, por exemplo) e tire uma foto. Registre na tabela a foto e o instante em que ela foi tirada.
- b) Repita, após 15 segundos, o procedimento anterior, sem retirar o objeto ou a câmera do lugar (não pode ocorrer variação da posição entre uma foto e outra). Registre na tabela a foto e o instante (hh:mm:ss).





É desejável que as fotos possam ser impressas para ser comparadas lado a lado. Se não for possível, os estudantes devem ter como compará-las associando cada uma ao tempo em que foi tirada.

Medida 2:

- a) Eleja um dos estudantes do grupo. Ele será fotografado nas mesmas condições anteriores, mas sendo ele o objeto fotografado.
 - b) Tire a primeira foto. Registre na tabela a foto e o instante (hh:mm:ss).
 - c) O estudante deve mudar sua pose ou posição antes de tirar a segunda foto. Tire a foto e registre-a na tabela, assim como o instante (hh:mm:ss) em que foi tirada.
- 2) Coloque os resultados impressos lado a lado, agrupados de acordo com as situações das medidas 1 e 2. Coloque também os registros feitos com o relógio junto a cada foto tirada. Pergunte aos estudantes como foi possível identificar se:
- a) Houve passagem de tempo para cada situação e como isso pode ser verificado.
 - b) Caso tenha havido passagem de tempo, como saber o que ocorreu antes e o que ocorreu depois?
 - c) No primeiro caso (registro do objeto inanimado), como saber se não se trata de registros simultâneos que foram redimensionados no espaço?
- 3) Agora, mantendo os fotogramas no lugar, retire as informações de tempo registradas com o relógio. Refaça as perguntas.

Saliente o fato de a percepção temporal ter-se dado apenas na situação em que houve mudança de posição. Inverta as impressões dos fotogramas e questione se não poderiam ser interpretadas como tendo sido tiradas na ordem inversa

Parte 2 – O “movimento” constante do pêndulo

Você pode iniciar essa parte do encaminhamento fazendo perguntas aos estudantes: *Como se media o tempo antes da invenção do relógio? Quando foi inventado o relógio mecânico? Por que a humanidade precisou medir tempo? O que significa a expressão muito comum atualmente: “somos escravos do tempo”? Que tipos de medidor de tempo vocês conhecem? Conhecem relógio de pêndulo? Como ele funciona? É interessante mostrar fotos de diversos relógios de pêndulo.*

Registre as respostas dos estudantes a respeito do funcionamento do relógio de pêndulo, as quais serão analisadas diante dos resultados do experimento.

Sugestão de procedimento para estudo do período do pêndulo:

- 1) Construa um pêndulo utilizando fio de náilon de 1 m de comprimento e esfera de maior massa (Fig. 2). O comprimento do pêndulo é a medida entre o centro da esfera e o ponto de oscilação dele.

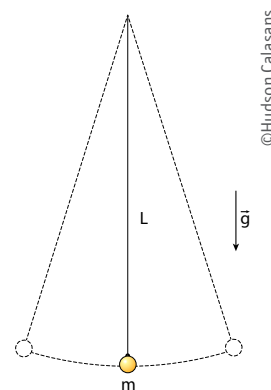


Figura 2 – Esquema do pêndulo.

©Hudson Calasans



- a) Desloque a massa 30° em relação à direção vertical e solte-a. Meça 10 oscilações completas e determine o valor médio de um período completo do pêndulo. Repita a medida por 5 vezes e determine o melhor valor do período do pêndulo.
 - b) Desloque a massa 20° em relação à direção vertical e solte-a. Execute o mesmo procedimento do item a.
 - c) Desloque a massa 10° em relação à direção vertical e execute o procedimento do item a.
 - d) Desloque a massa 5° em relação à direção vertical e execute o procedimento do item a.
 - e) Compare os resultados das medidas de grau dos quatro itens e observe a relação entre amplitude máxima e período de oscilação.
- 2) Mude a massa da esfera e determine o período do pêndulo para mais duas massas. Compare os valores dos períodos dos três pêndulos de mesmo comprimento e massas diferentes.
 - 3) Utilizando o pêndulo de maior massa, diminua seu comprimento para 80 cm.
 - a) Para determinar o período do pêndulo, qual é o ângulo em que a massa deve ser solta?
 - b) Determine o período do pêndulo para esse comprimento.
 - 4) Determine o período do pêndulo de 60 cm de comprimento.
 - 5) Determine o período do pêndulo de 40 cm de comprimento.
 - 6) Faça uma tabela que evidencie a relação entre o comprimento (L) e o período (T) do pêndulo.
 - a) Verifique se é possível estabelecer uma relação entre as duas variáveis.
 - b) Faça um gráfico de $T^2 \times L$ e determine a relação entre as variáveis.

Resultados observáveis

Parte 1 – Os estudantes podem observar facilmente a mudança (ou não) do espaço entre as duas situações. Saliente que, no primeiro caso, a percepção temporal só foi possível pelo registro feito com o relógio.

Parte 2 – Quanto aos resultados do item 1, é possível observar que, para pequenos ângulos (bem menores do que 45°), o período do pêndulo não varia. Os resultados do item 2 indicam a invariância do período com a massa do pêndulo. Do item 3 em diante, os resultados indicam a dependência do período com o comprimento do pêndulo e evidenciam a não linearidade. Do gráfico, é possível determinar que a relação T é proporcional à raiz quadrada do comprimento.

Discussão dos resultados

Parte 1 – A ideia é fazê-los relacionar percepção temporal e percepção da mudança do espaço, levando-os a enxergar, como proposto por Einstein, uma relação espaço-tempo associados, e não dissociados, como propunha Newton. A simplicidade do experimento não tem pretensões de introduzir as deformações provocadas em situações que envolvam velocidades relativas, mas apenas estabelecer a relação entre evento, espaço e simultaneidade.





Parte 2 – O “movimento” constante do pêndulo: a independência do período do pêndulo, em relação à sua amplitude máxima, que teoricamente ocorre para ângulos menores que 15° , é uma constatação surpreendente para os estudantes. Intuitivamente, esperam-se períodos menores para ângulos menores. Também o resultado da independência com relação à massa não é natural, pois espera-se um período maior para massa maior. Sua dependência apenas com a raiz quadrada de seu comprimento foi uma das características desse equipamento para a medida do tempo com precisão não imaginável para a época. A análise dos resultados do experimento pode ser ampliada com a discussão sobre a dependência do período do pêndulo com a aceleração da gravidade e sua relação completa: $T = 2\pi (L/g)^{1/2}$.

Ampliação do estudo experimental

Diferentes estudos podem ser seguidos por você, professor, a partir da atividade realizada:

- 1) Uma atividade conjunta com os componentes curriculares Geografia, História, Filosofia ou Sociologia pode abrir perspectivas diferentes e interessantes da análise da evolução humana, levantando questões profundas sobre como se utiliza o tempo hoje, discutindo inclusive o que é qualidade de vida, o que é aproveitar o tempo.
- 2) Em atividades experimentais, é possível aproveitar o trabalho com o pêndulo e determinar a aceleração da gravidade na superfície da Terra. Essa é uma atividade que pode ser realizada com um pêndulo simples, conhecendo a relação entre período (T), comprimento (L) e aceleração da gravidade (g): $T = 2\pi (L/g)^{1/2}$.
- 3) Com o componente curricular Geografia, poderia ser realizada uma investigação sobre os princípios dos relógios existentes atualmente e quem comercializa tais aparatos. Esse é um trabalho interessante que pode abranger desde os relógios mais comuns, de quartzo, até relógios atômicos e suas aplicações.
- 4) Com o componente curricular Biologia, poderiam ser aprofundadas as questões do dia e da noite e seus efeitos biológicos, particularmente com o estudo dos ciclos circadianos, indicando como os organismos vivos “controlam” o tempo, sem aparentemente usar relógios.

PARA SABER MAIS

DUNCAN, D. E. *Calendário*: a epopeia da humanidade para determinar um ano verdadeiro e exato. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

LIMA, F. R. R.; PIACENTINI, J. J. Pêndulo simples – um método simples e eficiente para determinar g: uma solução para o Ensino Médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 1, n. 1, 1984, p. 26-29. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/5786/14080>>. Acesso em: 26 nov. 2014.



MARTINS, A. F. P.; ZANETIC, J. O tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 19, n. 2, 2002, p. 149-175. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6618/6117>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SZAMOSI, G. *Tempo & espaço: as dimensões gêmeas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. A Introdução do livro está disponível em: <<http://www.pucsp.br/~diamantino/introgeza.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

UNICAMP. Experimento 1 – Pêndulo simples. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lhlina/Experimentos_F_229.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.



TEMA 3: GALILEU GALILEI E O PLANO INCLINADO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os trabalhos de Galileu Galilei, na primeira metade do século XVII, revolucionaram o estudo matemático do movimento de objetos sob a ação da gravidade. Embora as teorias sobre a gravidade e as metodologias de medida de sua aceleração na superfície da Terra tenham mudado muito desde então, os métodos de trabalho empregados por Galileu continuam bastante atuais e seus resultados experimentais são surpreendentemente válidos, se forem levados em conta os recursos que possuía para executar medidas.

O fato de Galileu ter utilizado um plano inclinado em suas medições foi de grande elegância e permitiu maior precisão nas medidas de tempo do movimento dos objetos sob a ação da gravidade, reduzindo sua velocidade. Na sua época, medidas de tempo eram efetuadas utilizando-se de pulsações, pêndulos ou relógios de água. Atualmente, dispõe-se de equipamentos de medição de tempo bem mais acurados, como cronômetros digitais e fotossensores, o que permite, mesmo na educação básica, reproduzir facilmente as experiências desse grande cientista e também realizar medidas que seriam impossíveis para Galileu.

A determinação experimental de grandezas como velocidade e aceleração está relacionada aos temas presentes no Caderno do Professor da 1ª série (Volumes 1 e 2). Mais especificamente no Volume 2, há relação com os temas Interação gravitacional (p. 53-62) e Análise de pontos de uma trajetória (p. 85).

Problema a ser investigado

Como obter, com o auxílio de um plano inclinado, a regra matemática da proporção dos quadrados dos tempos proposta por Galileu?





Habilidades

Reconhecer a importância dos cuidados experimentais e da repetição de tomada de dados; reconhecer a importância da previsão na atividade experimental e sua verificação ou não com os dados coletados; compreender a importância da construção de tabelas e gráficos como ferramentas de análise de dados; desenvolver um olhar para a história antiga e compreender que observações cuidadosas e sistemáticas muitas vezes podem levar a hipóteses corretas.

Número de aulas

Duas ou três aulas, dependendo do aprofundamento no assunto desejado tanto por você quanto pelos estudantes.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Você pode iniciar os trabalhos realizando com os estudantes a leitura e a discussão de um texto sobre as descobertas de Galileu Galilei e seu estudo do plano inclinado. Sugere-se a leitura do final do Tema 2 [mais especificamente o item 2.1 – Galileu e a queda dos corpos] do livro de H. Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica 1 – Mecânica*.

Faça a seguir a leitura da introdução do artigo *Galileu fez o experimento do plano inclinado?*, que apresenta a questão proposta por Alexandre Koyré, segundo a qual Galileu não teria realmente realizado o experimento do plano inclinado. Esse segundo texto serve para aguçar a curiosidade dos estudantes com relação ao tema e instigá-los a realizar o experimento do plano inclinado. Uma discussão posterior a essa leitura seria muito importante para garantir que eles tenham entendido as objeções de Koyré, que se dão pelo fato de Galileu não ter equipamentos adequados, à época, para executar as medidas com a precisão necessária para obter os resultados experimentais que ele apresenta.

Proponha, então, aos estudantes que façam uma reprodução do experimento do plano inclinado de Galileu.

Levantamento de hipóteses

Antes de iniciar as atividades experimentais, você pode perguntar aos estudantes se eles acreditam ser possível obter os resultados experimentais propostos por Galileu e por quê. Registre suas respostas e justificativas, para que elas possam ser avaliadas na análise dos resultados dos experimentos.

Execução da atividade experimental

Esta Atividade se baseia na sugestão experimental indicada no já citado artigo *Galileu fez o experimento do plano inclinado?*, pois acredita-se que, entre as diversas propostas que podem

ser realizadas, esta seja a mais fácil de ser executada na escola (vide outras propostas na seção *Para saber mais*).

Material necessário

Uma trena; um cronômetro com precisão mínima de 1 décimo de segundo (pode ser um cronômetro de aparelho celular); uma esfera metálica de aproximadamente 15 mm de diâmetro; um tubo de PVC de 2 polegadas de diâmetro e 120 cm de comprimento ou, como alternativa, um tubo fluorescente de 120 cm (lâmpada de 40 W), por ser material de fácil aquisição e com um nível de imperfeição de superfície muito pequeno (neste caso, devem ser tomadas todas as precauções de segurança necessárias, pois os estudantes vão lidar com uma estrutura de vidro); dois calços com altura aproximada de 90 mm cada; fitas adesivas; caneta; caderno e calculadora.

Procedimentos a ser adotados

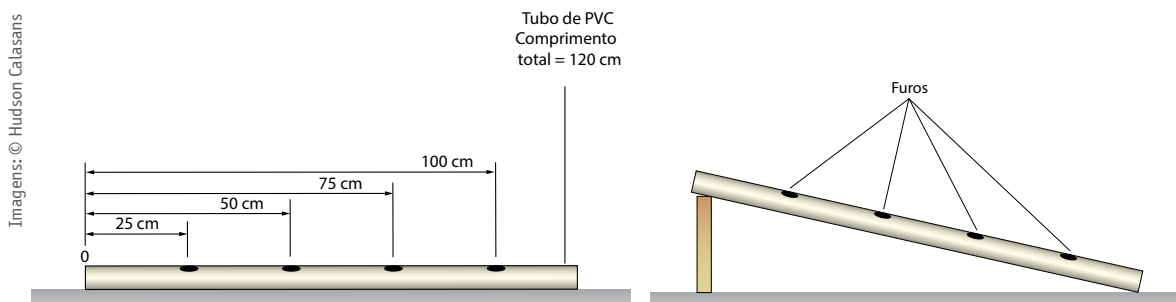


Figura 3 – Preparação do experimento, com as marcações de onde devem ser feitos os furos, e o experimento pronto, com o tubo inclinado.

- 1) A montagem do experimento deve ser feita conforme mostra a Figura 3 (plano inclinado).
- 2) Marque no tubo quatro traços espaçados a cada 25 cm (no caso do tubo de PVC, é necessário fazer furos laterais nos locais das medidas, com o auxílio de uma furadeira, para que se possa ver a passagem da bolinha) e coloque um pequeno calço numa das extremidades do tubo, de tal modo que a esfera deixada em liberdade adquira um movimento uniformemente acelerado não muito rápido.
- 3) Abandone a esfera metálica da origem (0 cm) e meça o tempo que ela gasta para chegar a uma das marcas determinadas.

Atenção: sugere-se que, para a primeira marca (25 cm), sejam realizadas, ao menos, 20 medições do tempo e, nas demais, apenas 10. A primeira marca é a mais problemática porque será ela a determinar a unidade padrão de tempo para a primeira unidade de distância (= 25 cm).

- 4) Os resultados das medidas de tempo podem ser registrados numa tabela como a que é mostrada a seguir.





Resultados das medidas e análise de dados						
L (cm)	T (s)	L (normalizado)	T (normalizado)	T ² (normalizado)	T ² (teórico)	Percentual entre T ² experimental e teórico (%)
25		1			1	
50		2			4	
75		3			9	
100		4			16	

Tabela 1.

Preenchimento da tabela: na segunda coluna, devem ser colocados os valores médios dos tempos obtidos para a queda da bolinha em cada comprimento (L). A terceira coluna, L (normalizado), corresponde à divisão do valor da primeira coluna por 25 cm (unidade padrão de distância). A quarta coluna, T (normalizado), deve ser preenchida seguindo o mesmo procedimento da coluna anterior, mas agora usando o tempo obtido nas medidas (segunda coluna) dividido pela unidade padrão de tempo: o valor médio do tempo correspondente ao comprimento de 25 cm (unidade padrão de distância). Os valores da quinta coluna são preenchidos com os valores da quarta coluna ao quadrado. Os valores da sexta coluna correspondem aos valores da terceira coluna ao quadrado. A sétima coluna é o resultado da divisão do valor da quinta coluna pelo da sexta coluna, cujo resultado é multiplicado por 100.

- 5) Acrescente um novo calço sob o tubo (que ficará agora com 120 mm de altura). Repita as medidas citadas nos itens 3 e 4. Construa, então, outra tabela de dados, para a nova inclinação.

Resultados observáveis

Os resultados obtidos nas medições de tempo com o plano inclinado para o comprimento inicial de 25 cm (unidade padrão de distância) devem ficar por volta de 1,5 s (para um calço de aproximadamente 90 mm). Os demais resultados devem ser, respectivamente, algo próximo de 2,2 s, 2,7 s e 3,1 s. Obviamente, se a inclinação dos tubos for maior, os tempos serão menores do que esses, e, por outro lado, se a inclinação for menor, os tempos serão ligeiramente maiores do que os apresentados anteriormente.

Discussão dos resultados

Resultados como os citados anteriormente são bastante compatíveis com a lei do **quadrado dos tempos** de Galileu, ou seja, o tempo ao quadrado é proporcional ao deslocamento de um objeto sujeito à força da gravidade: algebricamente, escreve-se essa relação como $s = (\frac{1}{2})a \cdot t^2$, onde a é aceleração do objeto.



A comparação entre os resultados de duas inclinações diferentes deve deixar evidente que, mesmo com o movimento das bolinhas sendo mais rápido com a inclinação maior, a regra do *quadrado dos tempos* de Galileu se mantém válida. Aqui devem ser resgatadas as respostas dos estudantes, feitas ao iniciar as atividades experimentais, questionando se acreditavam ser possível obter os resultados experimentais propostos por Galileu.

É importante lembrar que, no plano inclinado, a aceleração é proporcional à inclinação do plano, ou seja, $a = g \cdot \sin \Theta$ (sendo Θ o ângulo de inclinação do plano com a horizontal e g a aceleração da gravidade); no entanto, esse resultado não pode ser obtido neste experimento por causa da energia transferida para o movimento de rolamento da esfera, bem como pela dissipação da energia causada pelo atrito.

Você pode discutir com os estudantes os índices de erros associados às medidas experimentais e propor alternativas/alterações que minimizem tais erros no experimento.

Ampliação do estudo experimental

Uma sugestão para ampliar o estudo é refazer o experimento do plano inclinado:

- a) com outras inclinações, observando se a regra dos quadrados se mantém válida.
- b) com marcadores de tempo “galileanos”: relógio de água, pêndulo e/ou pulsação.
- c) usando o plano inclinado do kit experimental do laboratório de Física das escolas do Programa Ensino Integral, que dispõe de medidores de tempo com sensores fotoelétricos (isso deve trazer uma precisão muito maior às medidas).

PARA SABER MAIS

BRITO, A. A. S. O plano inclinado: um problema desde Galileu. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 2, ago. 1985, n. 2, p. 57-63. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/7968/7351>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

NEVES, M. C. D. et al. Galileu fez o experimento do plano inclinado? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 1, 2008. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

PESSATO JR., G. *Experimento do plano inclinado de Galileu*. Relatório final da disciplina Tópicos de Ensino de Física I. IFGW/Unicamp, 2008. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2008/GilbertoP-Assis_RF2.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SOARES, R. R.; BORGES, P. F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 2, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/322501.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014.





TEMA 4: DESEQUILÍBRIOS E EQUILÍBRIOS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A ideia de equilíbrio é utilizada com sucesso em várias áreas da Física, como no caso do equilíbrio mecânico (em construções), do equilíbrio térmico (termodinâmico) ou do equilíbrio de cargas elétricas, com características e peculiaridades de cada um desses contextos teóricos. Nesta proposta de atividade, será focado o equilíbrio mecânico, com o estudo de situações dinâmicas de desequilíbrio e equilíbrio. Este estudo pode ser articulado com o que foi visto no Caderno do Professor de 1ª série, Volume 2 (*Equilíbrio estático e dinâmico*, particularmente na avaliação de situações de equilíbrio, nas considerações físicas sobre o momento de uma força em corpos extensos e na inércia).

O tema permite discussões posteriores sobre equilíbrio e posição do centro de massa em organismos vivos, bem como em máquinas, carros e construções. Há histórias de alguns animais, como o gato sempre cair de pé, por conseguir controlar seu equilíbrio. Embora não se venha a lidar com animais vivos, essa ponte permite introduzir o trabalho, que pode ser iniciado instigando a curiosidade dos estudantes ao mostrar a **Joaninha Cambalhota** em funcionamento, um dispositivo artesanal que pode ser confeccionado por você para demonstração e depois, durante a atividade, construído e alterado pelos estudantes. A investigação proposta permite explorar conceitos de equilíbrio estático e dinâmico em corpos extensos, bem como realizar algumas medidas, analisando características da colocação do peso para deslocar o centro de massa (CM).

Problema a ser investigado

Quais são as condições físicas que afetam o equilíbrio mecânico quando se considera a distribuição de massa em um corpo? Como é possível variar essas condições para fazer funcionar um brinquedo que parece se mover por vontade própria?

Habilidades

Identificar estratégias para resolver uma situação-problema de equilíbrio e desequilíbrio; identificar variáveis relevantes, elaborar hipóteses, estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento; reconhecer que a situação de equilíbrio de um corpo extenso é definida pela relação entre o centro de massa e o seu ponto de apoio; utilizar esquemas gráficos para representar grandezas vetoriais; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos.

Número de aulas

Para o desenvolvimento das discussões, construções e investigação, sugerem-se três aulas.



COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Propõe-se o desenvolvimento do experimento em etapas: (i) explorar o conhecimento dos estudantes com a visualização do brinquedo; (ii) construir o brinquedo a partir das suas características visíveis (não permitindo que os estudantes desmontem o dispositivo) e (iii) analisar as características da posição do centro de massa. Sugere-se que o trabalho com os estudantes seja apresentado por etapas, abordando a seguinte apenas após a conclusão da anterior.

As análises e o levantamento de hipóteses devem ocorrer em diferentes etapas das discussões. Sugere-se evitar a apresentação antecipada das etapas, o que poderia atrapalhar a fase exploratória da construção.

Parte 1 – *Observando a cambalhota da joaninha*

Mostre aos estudantes o movimento da Joaninha Cambalhota. Nessa situação, eles oferecerão explicações pessoais sobre o funcionamento do brinquedo, que lhe servirão de parâmetro para entender se eles enxergam tratar-se de um equilíbrio mecânico sob a ação da força da gravidade. Caso percebam, por exemplo, outros efeitos (como os magnéticos), essa linha de análise deve ser resolvida durante a etapa seguinte, quando você mostrar a eles que, no material, não há ímãs.

Parte 2 – *Quais são as condições iniciais para o funcionamento do dispositivo?*

Com materiais de baixo custo, ofereça aos estudantes a oportunidade de construir seus próprios dispositivos, a partir da observação do funcionamento de um dispositivo e da utilização dos materiais colocados à disposição para a construção. Pergunte aos estudantes: *Como fazer sua própria Joaninha Cambalhota? Existe apenas uma forma de fazê-la?*

Parte 3 – *Como se pode variar o conjunto do ponto de vista físico?*

Desvendadas as características físicas na Parte 2 da montagem do dispositivo, pergunte aos estudantes: *Como se pode variar o conjunto do ponto de vista físico, da posição de seu centro de massa em relação ao ponto de apoio, para acentuar ou atenuar sua movimentação?*

Execução da atividade experimental

Material necessário

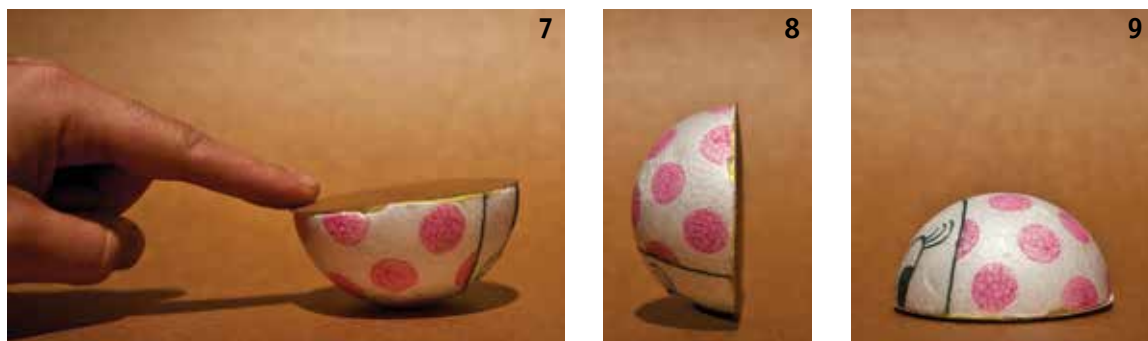
Você necessita de uma Joaninha Cambalhota pronta. O dispositivo é construído com meia bola de isopor e uma chumbada de pesca colocada de tal maneira que a joaninha, ao ser colocada de “pernas para o alto”, execute uma cambalhota, colocando-se novamente de “pernas para baixo” por movimento próprio. Veja as Figuras 4 a 9.





Fotos: © Renato Viotti/Latinstock

Figuras 4, 5 e 6 – Construindo a Joanelha Cambalhota.



Fotos: © Renato Viotti/Latinstock

Figuras 7, 8 e 9 – A Joanelha Cambalhota “em ação”.

Para as atividades investigativas com os estudantes, serão necessárias as seguintes ferramentas, por grupo: régua plástica de pelo menos 15 cm; balança; canetas coloridas; tesoura; cola branca. Materiais de consumo: esfera maciça de poliestireno expandido (EPS ou isopor) com cerca de 10 cm de diâmetro (10 g); bolas de gude ou chumbada para pesca (20 g pelo menos); papel sulfite. Caso você corte as esferas de EPS com os estudantes, são necessários ainda: lixa-d’água; arco de serra; máscara de proteção de olhos e nariz.

Procedimentos a ser adotados

Parte 1 – Analisando o funcionamento a partir da visualização dos efeitos

Numa primeira conversa coletiva com a turma, antes que os estudantes mexam no brinquedo, registre, numa tabela coletiva traçada na lousa, as justificativas que eles atribuem ao movimento de cambalhota da joanelha ao ser colocada invertida. Os movimentos devem ser repetidos com clareza por você, com o cuidado de evitar posições iniciais em que a joanelha não complete a cambalhota. Se alguns estudantes mencionarem que o movimento se dá por “algo magnético”, essa ideia precisará ser trabalhada até o final da atividade.

Nessa oportunidade, você pode introduzir a ideia de equilíbrio estável e instável, uma vez que o funcionamento do dispositivo está relacionado a essa característica física.

Parte 2 – Reproduzindo os brinquedos com materiais de baixo custo

Nesta etapa, os estudantes poderão manusear diretamente a Joanelha Cambalhota (o dispositivo experimental), com a atenta restrição de NÃO desmontá-la. A intenção é que possam experimentar



o funcionamento do dispositivo a partir de seus efeitos e imaginar como reproduzi-lo com materiais disponíveis para sua construção.

Em seguida, os estudantes podem ser divididos em grupos, tendo à disposição materiais para que possam tentar reproduzir a Joaninha Cambalhota. Se você se sentir seguro, poderá colocar materiais adicionais à disposição (borrachas escolares, esferas de outros materiais com pouca massa e baixa densidade, ímã), de forma que os estudantes sejam obrigados, nessa etapa, a tomar decisões adicionais quanto à confecção e testar hipóteses quanto à construção da joaninha.

O funcionamento dos protótipos dos grupos lhes permitirá evoluir a ideia da forma de construção sem que haja a necessidade de desmontar o dispositivo de demonstração.

Parte 3 – *Variando as condições de funcionamento*

Após a construção do dispositivo, estará claro que:

- 1) Trata-se de um fenômeno essencialmente mecânico, descartando outras hipóteses indicadas nas opiniões dos estudantes e registradas na tabela coletiva mencionada na Parte 1;
- 2) No caso da joaninha: uma massa com peso suficiente para desequilibrar o conjunto deve ser alojada na periferia da base reta da semiesfera. Esconder tal peso é o que torna o funcionamento do brinquedo instigante (por isso, não permita que os estudantes desmontem-na!).

Estudo da variação da posição da chumbada

Após todos os grupos terem pelo menos uma Joaninha Cambalhota em adequado funcionamento, proponha as seguintes tarefas/questões aos estudantes:

- 1) Com o auxílio de uma balança, obtenha a massa do dispositivo e, separadamente, a massa da semiesfera de isopor e da chumbada utilizadas para desequilibrar a Joaninha Cambalhota.
- 2) Estudo da variação da posição da chumbada: em quais situações a joaninha funciona melhor? Como essas situações são caracterizadas? Sugere-se variar a posição da chumbada no plano da base, da periferia para o centro da semiesfera (o “corpo” da joaninha). Aconselha-se deslocar a chumbada num dos raios do plano da base da semiesfera, fazendo variações, por exemplo, de 1 cm na posição. Como a esfera tem diâmetro de 10 cm, há cerca de cinco posições possíveis, desde o limite da borda periférica até o limite mais interior, quando o peso ficará sobre o centro do disco de sua base.
- 3) Coleta de dados e organização das informações:
 - a) Para cada uma das posições da chumbada, indicadas nos itens 1 e 2, peça aos estudantes que verifiquem qualitativamente o efeito no funcionamento do brinquedo. Como a mudança na posição do peso afeta o efeito da cambalhota? Se possível, filme, com uma câmera digital ou celular, o movimento da joaninha para cada uma das posições, o que facilitará a comparação entre as características das situações, procurando partir sempre da mesma posição inicial.
- 4) Elaboração de uma tabela, indicando para cada uma das posições da chumbada:





- a) O cálculo do momento da força peso da chumbada em relação ao ponto de apoio quando a joaninha se encontra de “pernas para o ar”;
- b) Se, nas diferentes posições da chumbada, o dispositivo realiza a cambalhota.

Resultados observáveis

Os estudantes poderão observar que o equilíbrio em corpos extensos está relacionado à distribuição de peso de suas partes, de forma que a alteração da posição do centro de massa do conjunto, em relação ao ponto de apoio, pode implicar situações de rotação, equilíbrio e desequilíbrio. Particularmente, para o funcionamento da joaninha, outro fator a ser considerado é a esfericidade do “casco”, que permite a inércia de rotação do movimento, crucial para a realização da cambalhota completa.

Discussão dos resultados

Os grupos podem ser organizados para apresentar suas versões de Joaninha Cambalhota aos colegas numa sessão única.

Além do funcionamento do brinquedo, essa será a oportunidade de cada grupo expor os dados tabelados, as observações de funcionamento registradas e seus cálculos para o momento da força, considerando as diferentes posições do peso.

Nesta situação, proponha aos grupos as seguintes questões para análise e discussão conjunta:

- 1) Quais são as posições de equilíbrio estável do dispositivo quando apenas a força peso do dispositivo atua? *No caso da joaninha, há duas.*
- 2) Considere as duas posições de equilíbrio do dispositivo e a situação inicial de lançamento (a joaninha de “pernas para cima”). Para cada uma delas, os estudantes deverão desenhar esquematicamente as forças que agem no conjunto (força peso do dispositivo, reação normal e força da pessoa para manter a joaninha de “pernas para cima”). Para isso, sugira aos estudantes que o peso pode ser representado verticalmente, a partir do centro de massa da joaninha, e que tal centro de massa pode ser considerado praticamente na posição da chumbada.
- 3) Como se caracteriza o equilíbrio mecânico nas situações representadas? São estáveis ou instáveis? Nesta oportunidade, você deverá discutir o que caracteriza, do ponto de vista físico, o que se considera um equilíbrio estável, para o caso do dispositivo estudado, em que o centro de massa se encontra acima do apoio.
- 4) Qual das posições da chumbada proporciona maior velocidade de rotação ao conjunto? Qual é a menor? *Num mesmo conjunto, o aumento do braço da força implicará maior velocidade angular e, com isso, uma cambalhota mais rápida.*
- 5) Qual é a posição limite do peso em relação ao centro da semiesfera para que a joaninha deixe de dar cambalhota? *Conforme a chumbada vai sendo deslocada em direção ao centro do disco, deve-se*

observar uma diminuição da velocidade angular do conjunto, se lançado da mesma posição, de forma que, quando o momento da força peso for pequeno, não haverá cambalhota.

- 6) O formato do “casco” da joaninha é arredondado. Isso tem alguma interferência em seu funcionamento? Como? *O formato do casco é crucial para o bom funcionamento do dispositivo e normalmente é um detalhe obscurecido pela questão do peso. Para salientar tal situação, deve-se mostrar que a joaninha poderia ficar em equilíbrio se for apoiada de tal forma que seu centro de massa fique muito próximo do ponto de apoio, com sua base formando quase 90° com a superfície.*

Aspectos lúdicos devem ser destacados por sua capacidade de despertar a curiosidade investigativa e, portanto, preservados na montagem final. Para isso, peça aos estudantes que decorem suas joaninhas, de forma a esconder o peso deslocado. Dessa forma, o encantamento com o brinquedo não será perdido ao mostrá-lo aos colegas que ainda não fizeram o estudo investigativo.

Ampliação do estudo experimental

Diferentes linhas de estudo adicionais podem ser adotadas por você, professor, a partir da atividade investigativa realizada. Veja algumas delas a seguir.

- a) O equilíbrio para o ser humano: no caso dos seres humanos, para uma simples caminhada ou para a prática de esportes, é necessária a mudança da posição do centro de massa em relação à projeção sobre sua base (região entre os pés), uma vez que andar ou correr implica necessariamente sair da posição de equilíbrio. Pode-se discutir onde se encontra aproximadamente o centro de massa e, a partir disso, analisar o repouso e o movimento de uma pessoa. Há também as dificuldades decorrentes da falta de equilíbrio que podem ser estudadas, como no caso de bebês, que demoram cerca de um a dois anos para aprender a se equilibrar nas próprias pernas, ou de pessoas em idade muito avançada.
- b) Outra linha possível é pesquisar os problemas decorrentes da falta de equilíbrio em pessoas com doenças (labirintite). Nessa linha, podem-se desenvolver trabalhos com o componente curricular Biologia ou com o componente curricular Educação Física.
- c) O equilíbrio para animais e insetos: há animais, como besouros ou tartarugas, que podem morrer caso sejam colocados na posição inicial da joaninha, uma vez que seu centro de massa se encontra em posição que os impede de fazer a cambalhota. Pode-se analisar como aves se equilibram em poleiros ou árvores com a posição de suas caudas. Trabalhos com o componente curricular Biologia poderiam ser estudados nesta linha.
- d) No caso de veículos, há restrições quanto ao ângulo de inclinação em relação ao solo, para que não capotem ao fazer curvas ou subir em ladeiras. De forma semelhante, a variação de massa em caminhões (cargas) e ônibus (pessoas e cargas) pode ser crucial para a estabilidade de tais veículos em curvas. Podem-se pesquisar *sites* de fabricantes de veículos para obter tais características e discutir que veículos são mais ou menos estáveis.
- e) Outra linha de investigação possível é estudar como construções, tal qual a famosa Torre inclinada de Pisa, se mantêm estáveis, mesmo apresentando um tombamento lateral. Um eventual trabalho com o componente curricular Arte poderia explorar a arquitetura de construções e obras de arte que se baseiam em equilíbrio dinâmico e estável, mostrando que artistas também se





- utilizam de conhecimentos físicos na execução de suas obras. Nessa linha, você pode propor aos estudantes a construção de maquetes de ponte de treliça, utilizando macarrão do tipo espaguete.
- f) Por fim, numa linha mais lúdica, é possível pesquisar outros brinquedos cujo funcionamento se baseia em equilíbrio, analisando-os sob esse aspecto estudado. Para isso, você pode visitar com os estudantes uma loja de brinquedos populares e comerciais, pesquisando quais dos brinquedos utilizam o equilíbrio como forma de acionar seu funcionamento. Numa etapa posterior, vocês podem estudar brinquedos de parque de diversões que utilizam o equilíbrio como fonte de sua atração.

PARA SABER MAIS

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002.

RIBEIRO, V. L. O sapo equilibrista. *Revista de Ensino de Ciências*, n. 14, 1985, p. 20-26. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/rec/_osapoequibristaverenic.arquivo.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SILVEIRA, F. L.; AXT, R.; ASSIS, A. K. T. A balança de Roberval e o segredo do seu mecanismo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 3, 2009, p. 441-459. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p441>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

TERUYA, T. et al. Pulseiras de equilíbrio melhoram o equilíbrio estático? *ConScientiae Saúde*, v. 11, n. 4, 2012, p. 559-565. Disponível em: <<http://www4.uninove.br/ojs/index.php/saude/article/view/3119>>. Acesso em: 26 nov. 2014.



TEMA 5: FENÔMENO DA RESSONÂNCIA

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O fenômeno da ressonância está na base dos sistemas de comunicação, possibilitando sintonizar uma estação de rádio entre cerca de 10 mil emissoras, um canal de televisão entre quase uma centena de transmissões em VHF e UHF (analógicos ou digitais) e enviar mensagens para determinado número, entre os aproximadamente 300 milhões de celulares, apenas no Brasil. Tal fenômeno é responsável pela qualidade e variedade de instrumentos musicais, que dependem das variações de suas caixas de ressonância, definidas, entre outros fatores, pela forma, tipo de material, temperatura e umidade (na fabricação e no ambiente local). Está presente ainda na Medicina, com o diagnóstico por imagem de ressonância magnética, utilizado na identificação de lesões em ligamentos, tendões e músculos, na avaliação dos órgãos e estruturas abdominais ou no estudo do crânio para diagnóstico de tumores, derrames e outras doenças que comprometem essa região. O estudo da ressonância na Astronomia (ressonância orbital) também foi importante para a descoberta do planeta-anão Plutão, para a previsão da existência de Netuno, para explicar por que o movimento da

lua Io está cada vez mais perto de Júpiter, para explicar o período de rotação e translação da Lua em torno da Terra e as marés na Terra e em outros planetas.

O fenômeno da ressonância está presente no Caderno do Professor da 2ª série, no estudo da ampliação do som em caixa de ressonância de instrumento musical e na explicação da sintonização das estações de rádio e canais de TV. Um estudo experimental da ressonância mecânica com observação e análise desse fenômeno favorece um aprofundamento desse conceito.

Problema a ser investigado

Quais são as variáveis relevantes para a ocorrência do fenômeno da ressonância em sistemas mecânicos?

Habilidades

Reconhecer a importância dos cuidados experimentais e da repetição de tomada de dados para a credibilidade dos resultados; reconhecer a importância da previsão na atividade experimental e sua verificação ou não com os dados coletados; compreender a importância do controle de variáveis na experimentação, variando comprimento e massa do pêndulo independentemente; compreender que o fenômeno da ressonância está relacionado com a igualdade das frequências de oscilação do agente externo e o corpo ressonante; reconhecer a presença do fenômeno da ressonância em diferentes situações do cotidiano.

Número de aulas

3 aulas.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Como a vibração de um corpo pode interferir em outro? Quais são as características físicas que permitem a ocorrência da ressonância?

Execução da atividade experimental

Material necessário

4 m de cordonete ou fio fino e resistente; 4 chumbinhos de pesca (de preferência esféricos e iguais, de 30 a 40 g); 4 contas iguais de plástico e 2 suportes para esticar o fio.





Procedimentos a ser adotados

Você pode iniciar a atividade perguntando aos estudantes o significado de ressonância. Algumas possíveis respostas: captar energia de uma onda, vibrar na mesma frequência, entrar em harmonia, sintonizar. Também pode haver respostas relacionadas a situações em que ocorre o fenômeno, como em caixa acústica, antena de rádio e TV, e até a queda da Ponte de Tacoma pode ser uma resposta (na internet, existem vídeos dessa queda). Caso os estudantes não conheçam esse vídeo, você pode apresentá-lo antes do início das atividades experimentais. Registre as respostas dos estudantes, para que elas possam ser avaliadas na análise dos resultados dos experimentos.

Em seguida, proponha a experiência, que deve ser realizada em grupo e pode receber um roteiro conforme modelo a seguir.

- 1) Utilizando um pedaço de cordonete, faça um varal bem esticado de aproximadamente 40 cm de comprimento e 50 cm de altura. Para isso, poderá utilizar os suportes que encontrar no laboratório, desde que sejam bem estáveis.
- 2) Construa 8 pêndulos simples: 4 de cada material (chumbinho e conta) de comprimentos de 15 cm, 30 cm, 30 cm e 45 cm. Corte os fios 10 cm mais compridos para fazer um acabamento (pois em uma ponta será preciso fazer um nó para que ele não escape pelo furo do chumbinho ou da conta e a outra ponta será amarrada no varal).
- 3) Pendure no varal os 3 pêndulos de chumbinho, em ordem crescente de comprimento, deixando espaço de aproximadamente 7 cm entre eles (Fig. 10).

Cuidado: toda e qualquer oscilação a ser executada deve iniciar com todos os pêndulos restantes parados (sem movimento). Fazer oscilar significa: deslocar o chumbinho ou a conta na direção perpendicular ao plano do varal, até o ângulo de aproximadamente 20° , e soltar com cuidado.

- 4) Faça o pêndulo mais curto oscilar. Observe o que acontece com os outros pêndulos que estavam inicialmente em repouso. Pare novamente o conjunto e agora oscile o segundo pêndulo, observando o que acontece com os pêndulos. Pare novamente o conjunto e oscile o terceiro, observando o que acontece. Registre as suas observações.

- 5) Pendure o pêndulo de conta de 45 cm entre os pêndulos de chumbinho de 15 cm e 30 cm. Oscile o pêndulo de chumbinho de 15 cm e observe por um tempo o que acontece. Depois faça oscilar o pêndulo de chumbinho de 30 cm e observe por um tempo o que acontece. E, depois, oscile o pêndulo de chumbinho de 45 cm e observe por um tempo o que acontece. Registre as suas observações.

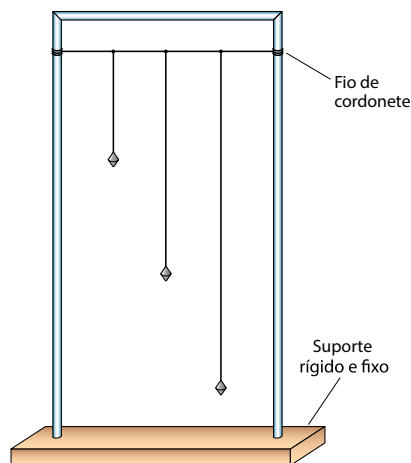


Figura 10 – Três pêndulos de chumbinho de comprimentos diferentes.

©Hudson Calasans



- 6) Pendure o pêndulo de conta de 15 cm ao lado do pêndulo de chumbinho de 15 cm. Oscile primeiro o pêndulo de chumbinho de 45 cm e observe por um tempo o que acontece. Depois faça oscilar o pêndulo de chumbinho de 30 cm e observe por um tempo o que acontece. Em seguida, oscile o pêndulo de chumbinho de 15 cm e observe por um tempo o que acontece. Registre as suas observações.
- 7) Faça uma previsão: em função das observações feitas até agora, o que ocorrerá se o pêndulo de contas de 30 cm for pendurado e o pêndulo de chumbinho de 30 cm for oscilado? Registre sua hipótese.
- 8) Verifique experimentalmente sua hipótese, pendurando o pêndulo de conta de 30 cm entre os pêndulos de chumbinho de 45 cm e 30 cm e fazendo o pêndulo de chumbinho de 30 cm oscilar. Sua hipótese estava correta?

Na Figura 11, está desenhada a situação final desse arranjo experimental.

- 9) Pendure os 2 pêndulos restantes (um de chumbinho e outro de conta, ambos de 30 cm) em qualquer posição no fio do varal. Faça previsões do que ocorrerá se você fizer oscilar um dos outros pêndulos de chumbinho de cada vez. Registre suas previsões.
- 10) Faça outra previsão: se oscilar o pêndulo de conta de 15 cm, o que vai ocorrer? Será que há diferença se comparada com a situação em que o pêndulo de chumbinho de mesmo comprimento é oscilado? Registre suas hipóteses.
- 11) Verifique experimentalmente se suas hipóteses estavam corretas. Se houver discrepâncias, tente explicar o que ocorreu.

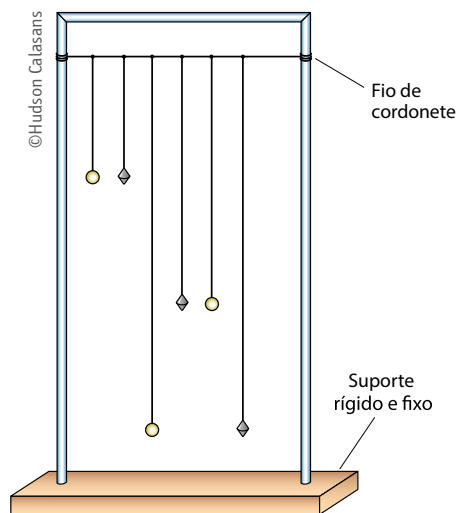


Figura 11 – Conjunto de seis pêndulos.

Resultados observáveis

No Procedimento 4, serão observadas pequenas oscilações dos outros dois pêndulos, tendo maior amplitude aquele de comprimento mais próximo do pêndulo oscilante.

Nos Procedimentos de 5 a 8, será constatado que, nos pêndulos de comprimentos semelhantes, ocorre o fenômeno da ressonância de forma mais aguda, com os pêndulos oscilando em maior amplitude.

No Procedimento 9, observa-se que a ressonância ocorre independentemente da massa. Se um pêndulo de chumbinho de 30 cm for oscilado, outros pêndulos de 30 cm de chumbinho e de conta irão oscilar com grandes amplitudes.





No Procedimento 10, verifica-se que, ao fazer oscilar o pêndulo de conta, o fenômeno da ressonância atingirá amplitude menor do que quando iniciada com o pêndulo de chumbinho.

Discussão dos resultados

Os estudantes poderão concluir que a ressonância em pêndulos pode ocorrer quando existe igualdade ou proximidade nos comprimentos dos pêndulos.

Se os estudantes ainda não estudaram período ou frequência de oscilação de pêndulo, faça uma breve exposição sobre esse conteúdo. Explique que o comprimento de um pêndulo define o seu período de oscilação na superfície da Terra e que também depende da aceleração da gravidade.

Das observações experimentais, discussão e complementação, deve-se chegar à compreensão de que ocorre ressonância quando as frequências são iguais ou muito próximas. Além disso, a amplitude de ressonância depende da fonte excitadora (no caso em que o pêndulo de conta é a fonte excitadora, a ressonância tem amplitude menor do que no caso do pêndulo de chumbinho). Você pode retomar o contexto inicial e complementar com análise da ressonância em outros campos do conhecimento: eletricidade, acústica e equipamentos aplicados à saúde, entre outros.

Ampliação do estudo experimental

a) Utilizando o kit para estudo de lâminas ressonantes, disponível nos laboratórios de Física das escolas do Programa Ensino Integral, pode-se ampliar o estudo do fenômeno da ressonância, utilizando procedimento semelhante ao realizado nesta atividade. São quatro lâminas verticais e quatro massas que podem ser deslocadas ao longo das lâminas, variando as suas frequências de vibração.

b) Durante a realização dos experimentos, foi observado que as amplitudes de oscilação do pêndulo excitante e do ressonante variavam com o tempo, ocorrendo transferência de energia de uma para outra e vice-versa. O estudo de sistema ressonante acoplado pode ser pesquisado utilizando apenas dois pêndulos de chumbinho, de mesmo comprimento, e uma massa pendurada entre eles. A velocidade de troca de energia de um pêndulo para outro, em função da variação do peso da massa, pode ser estudada experimentalmente.

c) Pode-se, com o componente curricular Biologia, estudar os equipamentos de diagnósticos por imagem, baseados na ressonância e em sua aplicação em diagnósticos médicos.

PARA SABER MAIS

PICAZZIO, E. Terra e Lua. In: *Astronomia do Sistema Solar*. Iagusp, AGA 292, 2008. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~picazzio/aga292/Notasdeaula/terra-lua.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SEARA DA CIÊNCIA. *A ressonância*. Ceará: UFCE. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/tintim/fisica/ressonancia/ressonancia5.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2014.



SEREJO, M.; COSTA, I. L.; COSTA, J. B. *Ressonância orbital: a sincronização ou destruição dos corpos celestes*. In: VI CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 6., 2011, Aracaju. Disponível em: <http://files.grupodefisicaifpa.webnode.com.br/200000020-d528ad622e/Ressonancia_Orbital_Connepsi_2011.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.



TEMA 6: PROPAGAÇÃO DE ONDAS NA ÁGUA

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo da propagação de ondas na água contribui para a “materialização” das propriedades ondulatórias do som ou da luz, como reflexão, refração, difração e interferência. Utilizando o equipamento denominado de cuba de ondas, é possível visualizar esses fenômenos e determinar grandezas como velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda. Esse estudo das ondas na água vem complementar e aprofundar os conteúdos desenvolvidos no Caderno do Professor da 2ª série, Volume 2, que trata a óptica mais da perspectiva geométrica e a propriedade eletromagnética da luz com o estudo das cores.

Utilizando uma cuba de ondas, que pode ser encontrada nas escolas do Programa Ensino Integral, é possível produzir ondas planas ou circulares e analisar seu comportamento quando passam de um meio para outro, caracterizado, por exemplo, pela diferença de profundidade da água. As ondas da água se movem na superfície e não se estendem em profundidade de modo considerável, como pode ser observado quando um barco se move sobre a água, formando cristas e depressões, respectivamente porções mais altas e baixas das ondas. O fato de a onda da água ser superficial e mudar de velocidade ao passar de uma profundidade para outra é uma das variáveis que favorecem o caráter muitas vezes destruidor das ondas que atingem as praias.

Problema a ser investigado

O que acontece com a onda ao passar de uma profundidade para outra da água?

Habilidades

Entender que o comprimento de onda é a distância entre duas cristas ou duas depressões da onda; medir comprimento de onda de uma onda na água e relacioná-lo com a velocidade de propagação e sua frequência; reconhecer a importância de medidas cuidadosas para a obtenção de dados confiáveis; compreender a necessidade de fazer previsões ou hipóteses antes da realização de experimentos; apresentar os resultados do experimento de maneira consistente; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos.

Número de aulas

3 aulas.





COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Você pode iniciar a atividade lembrando com os estudantes situações em que ocorrem ondas na água. Por exemplo, quando a chumbada de uma linha de pesca de um pescador atinge a superfície da água, formando ondas circulares, ou quando um barco se desloca formando ondas quase retas. Chame a atenção para a principal natureza da onda, que é a propagação de energia sem transporte de matéria. Outro exemplo de propagação de ondas na água com características bastante particulares são os tsunamis. Você pode mostrar aos estudantes algumas fotos ou vídeos de tsunamis ou de arrebentações em orlas marítimas.

Levantamento de hipóteses

O levantamento de hipóteses sobre a velocidade de propagação das ondas na água pode ser encaminhado com perguntas do tipo: *O que são tsunamis? Por que eles são destruidores? O que acontece com a velocidade da onda em um tsunami quando se aproxima da costa? O que acontece com sua altura? O que acontece com a energia da água durante o movimento de aproximação do tsunami?*

Execução da atividade experimental

Esta atividade será desenvolvida em duas partes: na Parte 1, serão realizados a medição do comprimento de onda, o cálculo da velocidade de deslocamento da onda, a determinação do período e da frequência da onda; na Parte 2, será observada a determinação da mudança de velocidade da onda ao passar de um meio para outro.

Material necessário

Cuba de ondas completa com excitador plano; placa de vidro ou de plástico transparente e retangular, de mesmo comprimento e metade da largura da cuba – a ser inserida por dentro da cuba a fim de possibilitar a mudança de altura da água (Fig. 12).



© Fernando Genaro/Fotoarena

Figura 12 – Conjunto de cuba de ondas.

Procedimentos a ser adotados

Parte 1 – Cálculo das grandezas que caracterizam uma onda

Em grupos, os estudantes podem receber um roteiro conforme modelo a seguir.

- 1) Faça a montagem da cuba de ondas. Coloque água na cuba até uma altura de aproximadamente 1 cm e nivele. Coloque o excitador plano e faça sua extremidade inferior tocar na superfície da água.
- 2) Ligue a fonte de frequência. Observe a produção de pulsos retos e sua imagem projetada. As faixas brilhantes que aparecem no anteparo de projeção correspondem às cristas ou depressões? Justifique.
- 3) Use demarcadores na cuba para identificar o tamanho que, na projeção, corresponde ao tamanho real medido entre as cristas, ou entre os vales, pois a projeção amplia a imagem da distância percorrida pela onda.
- 4) Produza um pulso e meça com o cronômetro o tempo (t) que ele leva para percorrer uma distância x . Qual é a velocidade do pulso?
- 5) Faça o excitador produzir ondas periódicas (pulsos sucessivos em intervalos de tempo iguais). Fixe um ponto qualquer na cuba. Se em um intervalo de tempo são produzidos 10 pulsos, nesse mesmo tempo, quantos pulsos passarão pelo ponto escolhido? A frequência da onda varia durante a sua propagação?
- 6) Determine a frequência do excitador medindo o tempo da passagem dos 10 pulsos. Compare esse valor com o marcado no frequencímetro. Analise o resultado.
- 7) Identifique, na figura projetada, cristas ou depressões e determine o comprimento de onda. Quantas cristas ou depressões foram utilizadas para o cálculo do comprimento de onda? Por quê?
- 8) Calcule a velocidade da onda utilizando o comprimento de onda e a frequência da onda. Compare o resultado com o valor determinado no item 3. Qual das duas medidas apresenta menor erro de medida? Justifique.

Parte 2 – Mudança de velocidade da onda ao passar de uma profundidade para outra

- 1) Coloque a placa espessa de vidro (ou plástico rígido transparente) no fundo da parte posterior da cuba, dividindo-a em duas regiões de profundidades diferentes, com a linha de separação paralela às ondas.
- 2) Antes de ligar o excitador, faça previsões sobre as mudanças que podem ocorrer em função da variação de profundidade. Por exemplo: O comprimento de onda vai variar? Como um todo ou cada profundidade terá um valor? A velocidade da onda vai variar? A frequência vai variar? Há alguma grandeza relacionada à onda que vai permanecer a mesma da experiência realizada na Parte 1?





- 3) Ligue o excitador e analise a projeção das ondas: o que ocorreu com o comprimento de onda? Qual é a relação entre comprimento de onda e profundidade da água?
- 4) O que ocorre com a frequência? Verifique se ela varia com a profundidade.
- 5) Calcule as velocidades de propagação em cada uma das regiões.
- 6) Suas hipóteses foram confirmadas? Justifique.
- 7) Utilizando os resultados da experiência, explique alguns aspectos dos tsunamis, como altura e energia.

Resultados observáveis

No item 1 da Parte 1, ao ligarem o excitador, os estudantes observarão faixas claras e escuras. As faixas claras correspondem às cristas, porque elas atuam como lentes convergentes e tendem a focalizar a luz da lâmpada, enquanto as depressões atuam como lentes divergentes, dispersando-a. Para o cálculo do comprimento de onda, é importante medir vários comprimentos de onda (cinco, por exemplo) e dividir pelo número de ondas, determinando o seu valor médio. Dessa forma, o erro associado à medida é menor.

Pode-se introduzir uma estimativa do erro associado ao valor médio de uma medida. Para isso, sugere-se utilizar o desvio médio, calculado pela média aritmética dos afastamentos (ou desvios), tomados em valor absoluto, entre cada valor e o valor médio das medidas.

Outras questões tratam da determinação das características das ondas em água e do estudo da relação $\lambda = v/f$ (comprimento de onda = velocidade ÷ frequência) ou $\lambda = vT$ (comprimento de onda = velocidade × período).

Na Parte 2, a mudança na velocidade da onda é bastante visível pela diminuição do comprimento de onda. Também pode-se verificar que a frequência da onda não varia quando ela passa de uma profundidade para outra.

Discussão dos resultados

Retome as hipóteses apresentadas pelos estudantes e compare-as com as medidas ou cálculos realizados. Para a profundidade de cerca de 1 cm de água, com frequência da onda perto de 10 Hz, a velocidade resulta em torno de 25 cm/s. Podem-se fazer outras observações com mudança de frequência e se notar que, para essa mesma profundidade da água, a velocidade da onda se mantém constante com aumento da frequência apenas para aquelas acima de 10 Hz. Para valores menores do que esse, poderá se observar a variação da velocidade de propagação da onda com a variação da frequência da fonte.

Também foi observado que, para uma dada frequência, a velocidade da onda diminui com a diminuição da profundidade, resultado coerente com a observação anterior.

Chame a atenção dos estudantes para a validade das observações apropriadas para ondas em águas rasas, como é o caso da cuba onde foi realizada a experiência. Em águas profundas, outras variáveis são importantes, e elas compõem a análise do fenômeno. Entretanto, a diminuição da velocidade das ondas que se aproximam da costa, pela diminuição da profundidade da água, é bastante visível. Com a diminuição da velocidade, a energia cinética da onda diminui com o quadrado da velocidade (v^2) e se transforma em energia potencial do sistema, aumentando a amplitude da onda.

Ampliação do estudo experimental

- 1) O kit cuba de ondas possibilita experiências extremamente interessantes como o estudo da reflexão, refração, difração e interferência. Podem-se encontrar seis experimentos que utilizam esse material no *site* <<http://educar.sc.usp.br/>> (acesso em: 21 jul. 2014). Escolha ÓTICA e veja o item 12: cuba de ondas.
- 2) Pode ser feita uma pesquisa sobre formação dos tsunamis e estudo das ondas P e S dos terremotos, utilizadas na construção de modelos explicativos da estrutura interna da Terra, com participação do professor de Geografia.

PARA SABER MAIS

MEIRELLES, S.; VIOLANTE-CARVALHO, N. Modelagem computacional da propagação de ondas superficiais no oceano: um subsídio para a compreensão dos fenômenos ópticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 4, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/yLN9a1>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE (PSSC). Física – parte II. São Paulo: Edart, 1966. Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/tudo/indice.php?midia=pssc>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SILVEIRA, F. L.; VARRIALE, M. C. Propagação das ondas marítimas e dos tsunamis. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 2, 2005, p. 190-215. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Ondas_tsunami.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.





TEMA 7: SONS E O OSCILOSCÓPIO – UM ESTUDO SOBRE CORDAS VIBRANTES

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A abordagem da produção do som é particularmente prazerosa, visto sua tamanha presença no cotidiano: na fala, no vento, na chuva e, em especial, na música em geral. A descoberta dos harmônicos por Pitágoras (VI a.C.) é o ponto de partida para o estudo dos fenômenos de interferência e formação das ondas estacionárias em cordas ou tubos.

A partir da experimentação de um som agradável aos ouvidos (som harmonioso, daí harmônico), é evidenciada a vibração de uma corda (de um instrumento musical ou mesmo de um barbante que tem afixadas suas extremidades), com determinado comprimento, em seu harmônico mais simples, dito fundamental. Essa mesma corda, agora com metade de seu comprimento, posta a oscilar gera também seu harmônico fundamental; embora, com uma nota cuja frequência é duas vezes maior, denominada uma oitava acima do primeiro som. Quando a escolha recair em um instrumento de sopro (flauta doce, por exemplo), há também uma percepção dos sons de oitavas diferentes em função do tamanho do tubo, quer seja ele com duas extremidades abertas ou apenas uma. De qualquer maneira, seja um violão ou uma flauta doce, o uso de simples instrumentos permitirá um estudo de ondas estacionárias e o fenômeno de ressonância.

A partir da abordagem com o instrumento musical, parte-se para o estudo prático do comportamento de interferência em ondas em cordas, que culminam com a obtenção de sucessivos modos de vibração para uma mesma corda ou tubo, estabelecendo-se relações entre as frequências emitidas e o respectivo tamanho de corda ou tubo. A atividade também proporciona o contato com um instrumento de medida capaz de determinar a frequência de um som, no caso o osciloscópio, que será muito útil por permitir verificar, numa linguagem gráfica, o perfil da onda associada e interpretar os conceitos de período, frequência e amplitude. Essa atividade completa o estudo da onda sonora, tema presente no Caderno do Professor da 2ª série.

Problema a ser investigado

Como é possível fazer variar a frequência do som em uma corda de violão ou tubo de uma flauta? Como se mede tal percepção em termos físicos e sensoriais (audição)?

Habilidades

Reconhecer os modos de vibração de uma corda ou tubo a partir de seu harmônico fundamental; identificar a altura de um som e poder relacioná-la à frequência emitida por este e, por consequência, dissociar a altura de um som da sua respectiva sonoridade (nível de intensidade sonora); aprender a identificar a linguagem simbólica de ondas (através dos gráficos exibidos na tela do osciloscópio) com as grandezas físicas associadas às ondas, tais como comprimento de onda, frequência e amplitude de onda.

Número de aulas

Para o desenvolvimento do experimento, sugerem-se quatro aulas.



COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Como é possível variar o som emitido por uma corda do violão? E pelo tubo de uma flauta? Que características (grandezas) estão relacionadas com tais alterações sonoras? Como é possível medi-las?

Execução da atividade experimental

Material necessário

Um violão afinado ou flauta doce; um computador com entrada de áudio para microfone e um microfone (no caso de *notebook*, pode se usar o da própria *webcam*), *software* que simule um osciloscópio no computador (sugere-se, por exemplo, o *software Soundcard Oscilloscope*, que está disponível para *download* em: <http://www.zeitnitz.eu/scope_en>. Acesso em: 21 jul. 2014) e fita métrica ou régua.

Procedimentos a ser adotados

Primeiro, os estudantes devem entender e praticar o uso do osciloscópio; daí a necessidade de realizar uma atividade sobre o que é, como funciona e como utilizar o osciloscópio.

Roteiro inicial para o uso do osciloscópio

Uma vez iniciado o programa do osciloscópio, a figura que aparece na tela é semelhante à apresentada a seguir. A onda ilustrada é um exemplo do osciloscópio em funcionamento, já registrando um som por meio de um microfone plugado.

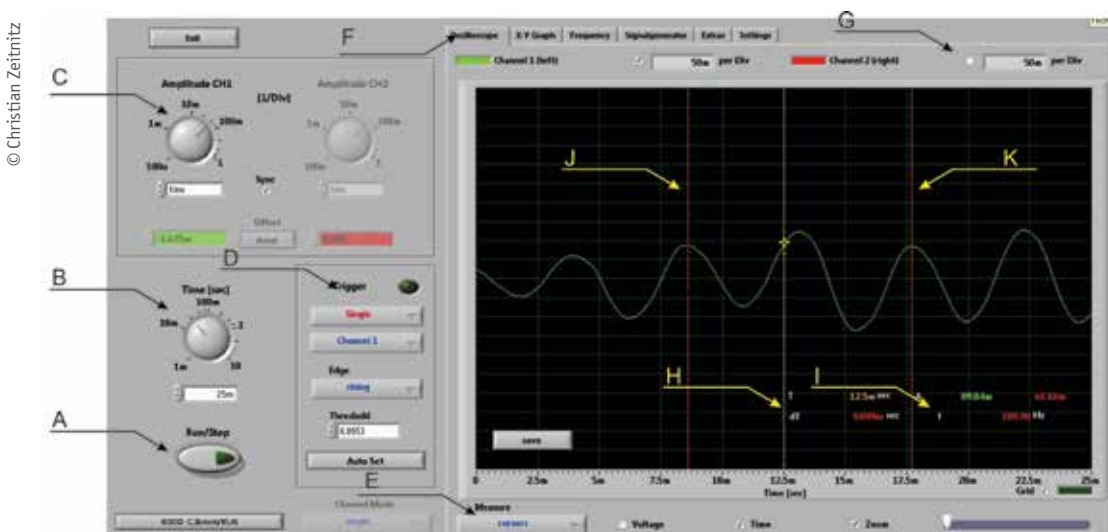


Figura 13 – Tela do osciloscópio do *software Soundcard Oscilloscope*.





Identifique os ajustes assinalados pelas letras e suas funções, que devem ser alterados conforme o andamento da investigação aqui proposta:

- A:** Ativa/desativa o registro na tela principal do osciloscópio.
- B:** Ajuste da escala de tempo (eixo horizontal).
- C:** Ajuste da escala de tensão (ddp) – que, nesse caso, faz o registro da amplitude de onda, correspondendo à intensidade sonora (eixo vertical).
- D:** TRIGGER (Gatilho) – este ajuste permite a seleção entre opções “*auto*”, “*single*”, “*normal*” e “*off*”. Nas opções “*auto*”, “*normal*” e “*off*” aparece na tela a onda e uma indicação da frequência instantânea. A configuração “*single*” (disparo automático e registro na tela do osciloscópio) se revela extremamente útil para fazer o registro da onda emitida pelo violão, pois mantém a imagem de modo permanente na tela. Nessa configuração, ao obter a imagem, podem-se alterar os ajustes [B] e [C], melhorando possíveis medidas na tela, e ainda exibe a opção de gravar o registro para posterior análise, como um arquivo de imagem. O seu nível de ajuste para disparo é a cruz de cor amarela no centro da tela, que pode ocupar qualquer posição dentro do visor preto. Quanto mais distante, na vertical, do eixo central horizontal, é preciso um sinal mais intenso para fazê-lo disparar e fazer o registro deste – sua alteração permite “filtrar” o som de parte do ruído do ambiente e somente analisar o som desejado (com maior intensidade). Nessa situação, a cada novo disparo, deve-se acionar o botão [A] novamente (e manter silêncio no ambiente, no caso de novas medidas).
- E:** Seleção de grandezas a ser mensuradas. Há três opções, “*status*”, “*Hz and volts*”, “*cursors*”, que indicam os seguintes aspectos:
- ⦿ [*status*]: indica a condição do osciloscópio, se parado ou em modo de registro;
 - ⦿ [*Hz and volts*]: indica o período e a frequência do evento periódico que o osciloscópio registra. Habilite-o quando se tratar de harmônicos puros e será obtida a informação imediata da frequência emitida (sugestão: teste na nota LÁ do telefone e serão verificados os 440 Hz indicados na base do visor preto; verifique o volume de gravação para conseguir captar a intensidade do sinal);
 - ⦿ [*cursors*]: seleção que delega ao usuário o ato de medir as grandezas tempo (período) e volts (amplitude) arrastando o cursor desejado segundo interesse próprio. Na base do visor preto, os valores registrados serão indicados, eximindo-o da leitura tradicional em um osciloscópio de raios catódicos convencional.
- F:** Alterna entre abas que apresentam outras opções do osciloscópio. Na opção “*settings*”, a alternativa “*input*” deve ser microfone. Certifique-se de que seu microfone esteja ativo e plugado. Outra aba de interesse para se explorar é “*signal generator*”, que permite a geração de sinais de áudio em dois canais de 0 a 10 kHz, com diversos tipos de onda (o interesse aqui é pela senoidal), em que o osciloscópio passa a gerar som.
- G:** Habilita o registro em até dois canais de áudio distintos. Nesta atividade, basta um canal ativo, preferencialmente o canal indicado na cor verde.

A precisão deste instrumento pode ser estimada porque sua captação (amostragem) é de 1 em cada 44.100, podendo chegar a mais, dependendo da placa de som utilizada. Isso significa que, para o intervalo de frequências com que se trabalhará, o erro de medida é no máximo de 3,5%, para as frequências até 3.000 Hz.

A imagem anteriormente exposta na tela (Fig. 13) mostra um exemplo da onda emitida pelo violão, registrada na tela do computador.

Note que o osciloscópio, nessa situação, tinha seu gatilho (D) selecionado na opção “single”. Quando o osciloscópio recebeu o sinal provindo do microfone, tal que sua intensidade atingiu o valor de disparo (posição controlada pelo usuário da cruz amarela no visor), o registro da onda no visor ficou permanente, permitindo ao usuário obter as medidas diretamente da tela. Para isso, as linhas verticais e horizontais podem ser movidas com o auxílio do *mouse*, posicionando os cursores (J e K). No caso da figura anterior, os cursores selecionam dois vales consecutivos, simultaneamente ao seu movimento, obtendo-se medidas (“leituras” do osciloscópio), mostradas na figura pela letra H, indicando o período dessa onda e sua respectiva frequência (mostrada na figura pela letra I).

Apenas após o estudo desses ajustes e indicações é que será viável realizar medidas com o osciloscópio.

Medindo grandezas ondulatórias

O experimento requer uma abordagem auditiva, por isso recomenda-se que seja feito com um só instrumento musical e que o grupo de estudantes presente na atividade seja conscientizado da necessidade de se fazer silêncio. Cada grupo pode aguardar sua vez de mensurar ou, numa perspectiva mais coletiva, pode-se tomar uma medida em comum e cada grupo trabalhar individualmente os resultados obtidos.

Professor, construa um roteiro próprio baseado na atividade sugerida a seguir, permitindo que os estudantes se sintam mais seguros no desenvolvimento e registros das observações.

Uma vez de posse do violão, tomam-se as medidas de frequência utilizando o procedimento que se segue, apresentado como exemplo:

- 1) Construa uma tabela para registrar dados sobre o comprimento da corda e a respectiva frequência em hertz.
- 2) A tomada de dados ocorrerá segundo as indicações a seguir:
 - a) Ligue o osciloscópio para a obtenção de dados. Esteja atento ao momento em que o ajuste de disparo [D] indicar a opção para registro automático permanente e selecione o botão [E] com as seguintes opções [*cursors*]/“*time*” ativado/“*zoom*” ativado, para que possa ter a liberdade de fazer medidas na tela do osciloscópio por meio do arraste dos cursores;
 - b) Acione o instrumento musical: deve-se percutir a corda do violão (sugere-se utilizar a corda LÁ, 5ª corda de baixo para cima, com o violão afinado) na situação em que suas extremidades estejam fixas apenas no cavalete e no traste (Fig. 14). O microfone deve estar





- próximo ao bocal da caixa acústica. No caso de haver necessidade de repetir a medida, acione novamente o botão [A];
- c) Utilizando a imagem obtida, determine com o auxílio das ferramentas (cursors do osciloscópio) a frequência do som emitido pelo instrumento e registre esse valor na tabela. A seguir, meça o comprimento da corda que foi percutida, anotando o valor correspondente em uma tabela.
- 3) Divida a corda em 2, 3, 4 e 5 partes iguais, respectivamente, e anote os valores correspondentes na sequência da tabela. Alguns violões trazem pequenos pontos marcando tais posições. A partir da pestana, pressione o local onde indica a corda para os valores correspondentes a $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{5}$. Nestes casos, a medida da corda percutida será $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{4}{5}$ do valor da corda inteira registrada anteriormente no item 2.
- 4) Para cada um dos locais pressionados, faça percutir a corda e determine, em cada caso, com o auxílio do osciloscópio, a sua frequência. Coloque valores na tabela, nas linhas correspondentes aos respectivos comprimentos.
- 5) Verifique se os dados da tabela indicam alguma relação entre comprimento da corda e frequência. Faça um gráfico e tente estabelecer uma relação. A frequência aumenta ou diminui com a diminuição da corda percutida?
- 6) Com a imagem fornecida pelo osciloscópio, também é possível identificar:
- Intensidade sonora: pode ser identificada pela amplitude da onda (eixo vertical), que se relaciona com a sonoridade (volume que o ouvido pode ouvir);
 - Medida do período e comprimento de onda: o valor do período pode ser obtido a partir do eixo horizontal. Quanto ao comprimento de onda, conhecendo-se a velocidade do som no ar, em média 340 m/s, pode-se calcular a ordem de grandeza do comprimento de onda da nota emitida, em metros;
 - Timbre: cordas distintas do violão ou diferentes instrumentos podem emitir a mesma nota musical; entretanto, é possível identificá-las, pois possuem timbres diferentes. Isso se manifesta pelo perfil da onda que aparece no osciloscópio.

Se você se sentir seguro em mostrar, ou pedir, aos estudantes essas medidas, seria uma ótima oportunidade de explorar outras possibilidades do osciloscópio para o estudo investigativo sobre o som. Nesse caso, escolha a nota LÁ obtida no item (2b), por exemplo.

- 7) Peça aos estudantes que descrevam, num pequeno relatório, a experiência realizada.

Resultados observáveis

Será possível perceber a alteração da altura do som (se grave ou agudo) conforme o comprimento da corda se altera, no caso do violão. Os dados obtidos com o osciloscópio, uma nova forma de observar o som, indicarão uma maneira diferente de trabalhar com as grandezas associadas a este fenômeno físico. Pode-se perceber também que o som mais agudo é mais audível, para um mesmo volume de som.

Discussão dos resultados

Para o bom andamento da atividade, você deve ter domínio do uso das medidas que são registradas pelo osciloscópio.

Você também deve estar atento ao fato de que o conhecimento do osciloscópio pelos estudantes é um dos objetivos desta atividade, permitindo a eles explorar tal aparelho, entendendo suas possibilidades e o funcionamento necessário ao estudo investigativo aqui proposto.

Quanto aos dados obtidos, uma análise da tabela pode não levar conclusivamente (equacionamento matemático) ao comportamento das vibrações harmônicas e suas respectivas frequências. É distante o uso da linguagem matemática e as respectivas relações entre grandezas. Nesse ponto, a construção do gráfico permite uma interpretação mais profunda dessas relações. Sugere-se que se faça então tal gráfico, em que se propõe relacionar a frequência em função do comprimento da corda. Ainda que as medidas não sejam precisas, a relação inversa pode ser observada pelo gráfico.

Outras questões podem ser levantadas. Por exemplo: qual é o comportamento de uma única nota sendo emitida a distâncias cada vez maiores do microfone? O intuito é abrir o questionamento da medida da intensidade sonora, e, se você for hábil em medir tal distância, poderá verificar a lei do inverso quadrado para a medida da amplitude *versus* distância.

O resultado das observações permite que você intervenha e questione o modo como a corda, ou uma fração dela, vibra. Independentemente da frequência emitida, todas as frações vibram em seu estado fundamental, e esse é o momento para fazer uma ilustração daquilo que se vê com os olhos e se mede com os ouvidos. Você também pode fazer um desenho que ilustre as frações das cordas que foram percutidas e como vibraram. Veja o modelo na Figura 14. A partir deste desenho, cabe a você questionar a relação peculiar que existe entre o caso em que a corda ressoa em toda a sua extensão e quando ressoa apenas em sua metade. O que acontece com a outra metade?

Para uma corda de comprimento L , as medidas são tomadas a partir do cavalete até o traste correspondente à medida do local em que a corda será pressionada. (Violões têm tamanhos diferentes – é necessário medir o comprimento total da corda para aquele que será usado.)



Figura 14 – Esquema com a estrutura de um violão e indicações dos comprimentos de corda.





Caso deseje uma precisão maior na medida da velocidade do som no ar (abordado no item 6), obtenha uma tabela da velocidade do som em função da temperatura do ar, o que pode alterar seus cálculos.

Como estudo suplementar, você pode explorar outro instrumento musical, como a flauta doce (ver indicação nas sugestões suplementares). Para estudar a diferença do timbre de uma mesma nota, outros instrumentos podem ser pedidos aos estudantes.

Ampliação do estudo experimental

1) Você pode propor um estudo com o componente curricular Arte sobre instrumentos musicais que utilizam cordas e suas características. Uma questão pode ser levada ao grupo experimentador: *Por que o baixo acústico se chama baixo e o cavaquinho emite um som agudo?* Outros instrumentos de corda devem ser questionados quanto ao seu formato, como uma lira ou harpa, o porquê daquele seu formato com cordas maiores ou menores. Outra questão a ser levantada é por que um violão tem todas as cordas do mesmo tamanho e, ainda assim, consegue produzir sons com características diversas.

2) Também com o componente curricular Arte, pode-se aprofundar a questão do afinamento dos instrumentos. Do ponto de vista físico, questões interessantes de ser feitas neste momento do procedimento são: *Já se ouviu falar dos aparelhos afinadores de instrumentos? Por que há afinadores que são presos ao corpo do instrumento e outros não? Por que não são presos à corda diretamente?* Com essas perguntas, abre-se outra perspectiva sobre a análise da refração de ondas.

3) Com as mesmas questões propostas para o violão, neste estudo investigativo, pode-se explorar o estudo das notas musicais da flauta doce. Neste caso, as medidas devem considerar a distância entre a rolha do bocal até o centro do orifício aberto para a nota escolhida. No site disponível em: <http://flautadocebr.quintaessentia.com.br/tag/flauta-doce/> (acesso em: 21 jul. 2014), é possível identificar as notas musicais que podem ser obtidas com a flauta, conforme o posicionamento da mão. Com tal estudo, pode-se observar que soprar a flauta corretamente não é tão simples como parece, pois velocidades de sopro diferentes acusarão distorções nas notas obtidas.

4) Com o componente curricular Biologia, pode-se discutir a produção do som nas cordas vocais, aprofundando outros aspectos do corpo humano relacionados à temática som (como o funcionamento do ouvido humano, ou ainda como os surdos percebem o som a partir de vibrações). Há também um caso muito especial de pessoas que possuem “ouvido absoluto”, uma habilidade em identificar notas musicais, que poderia ser explorado nesse estudo.

PARA SABER MAIS

GOMES, C. A.; LÜDKE, E. Uso de ressonância em cordas para ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/333501.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica*. v. 2. São Paulo: Edgard Blücher: 1987.



ROCHA, J. F. *Origens e evolução das ideias da Física*. Salvador: Edufba, 2002.

SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFFAILE, A. P. B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/352507.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014.



TEMA 8: ELETRICIDADE E CARGAS ELÉTRICAS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Faíscas e raios são algumas das manifestações de descargas elétricas que podem ser observadas com facilidade. No caso das descargas elétricas atmosféricas (raios), observam-se linhas luminosas (raios) e, associadas a elas, barulho (trovões), cuja intensidade depende da proximidade do fenômeno. A maioria dos raios ocorre entre as nuvens; entretanto, uma pequena parcela atinge o solo e as cidades e, para evitar que tais descargas atinjam edificações, procura-se direcionar tal energia e neutralizá-la com a instalação de dispositivos chamados para-raios, cuja parte visível – hastes pontiagudas – é instalada nos tetos de edificações. Assim como lida-se com essa manifestação natural de energia, também lida-se com a energia elétrica nas residências, utilizando fios e tomadas. Analisando particularmente as tomadas, percebe-se que fios se encontram lado a lado, mas nunca se vê uma faísca sair de um “buraquinho” para o outro, caso não se coloque algo que ligue diretamente um “buraquinho” (fio) ao outro. A investigação aqui proposta complementa a discussão sobre a rigidez dielétrica do ar, no tópico que discute sobre raios, disponível no Caderno do Professor da 3ª série do Ensino Médio.

Problemas a ser investigados

Como é possível estimar a voltagem de uma descarga elétrica no ar, com base na observação do eletróforo ou de um gerador eletrostático de Van de Graaff? Por que nas tomadas elétricas residenciais não há descargas espontâneas, embora os fios estejam lado a lado com suas pontas acessíveis?

Habilidades

Identificar variáveis relevantes e elaborar hipóteses em situações em que ocorrem fenômenos que envolvam eletricidade estática; reconhecer a importância de repetir procedimentos para a obtenção de observações confiáveis; compreender a necessidade de verificar os materiais de prova no início de qualquer experimentação envolvendo identificação de cargas estáticas; estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento sobre descargas elétricas; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos.

Número de aulas

Para o desenvolvimento das discussões e da investigação, sugerem-se três aulas. Se a atividade incluir a construção de um eletróforo, sugere-se acrescentar uma aula.





COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Como corpos com eletricidade estática se comportam ao interagir com outros?

Execução da atividade experimental

Material necessário

Para as atividades demonstrativas: eletróforo de pizza. Para as atividades investigativas: (a) eletróforo: pedaço de PVC utilizado para forrar tetos (suficiente para acomodar a forma de pizza, pode ser de 50 cm × 50 cm, pode ser montada com retalhos de forro); uma forma de pizza de alumínio; um pedaço de cano de PVC (cerca de 40 cm); cola quente e pistola aplicadora; papel higiênico; (b) eletroscópio de folha: tesoura, fita-crepe, canudinho plástico de refrigerante; papel higiênico, papel de seda de bala de coco, massa de modelar lisa, para-raios (clipe metálico) e “prédio” de papel-cartão.

Procedimentos a ser adotados

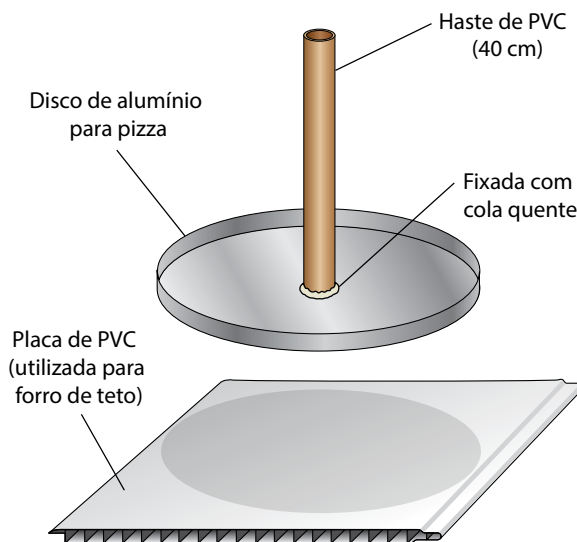
Parte 1 – *Explorando as descargas elétricas do eletróforo de pizza*

Converse com os estudantes, perguntando como eles explicam os fenômenos do raio e das faíscas entre fios elétricos. O resultado da conversa pode ser registrado na lousa para ser retomado ao final.

O passo seguinte é mostrar-lhes o eletróforo de pizza, uma montagem como indicada na Figura 15.

Para seu funcionamento, sugere-se:

- 1) Eletrizar por atrito, com papel higiênico, a superfície superior da placa plástica, sobre a qual será colocado o eletróforo (forma de pizza com haste de PVC). O conjunto é mostrado na Figura 15. A base plástica eletrizada servirá apenas para polarizar as cargas elétricas no disco de alumínio.
- 2) Com o eletróforo apoiado diretamente sobre a placa de PVC, deve-se tocar com a mão a superfície do disco de pizza, carregando-o eletricamente pelo aterramento. O eletróforo será, nesse caso, carregado devido à indução da base plástica.



©Hudson Calasans

Figura 15 – Conjunto do eletróforo de pizza.



- 3) Segurando o eletróforo pela haste isolante de PVC, pode-se aproximar o disco de pizza de objetos metálicos para ver a produção de uma pequena descarga elétrica.
- 4) Como há pouca carga elétrica envolvida na observação, pode-se também experimentar a descarga elétrica, aproximando o eletróforo carregado da mão e observando faísca semelhante à indicada no item 3.

Parte 2 – *Estimando a voltagem*

O problema a ser investigado é estimar a energia elétrica envolvida na descarga elétrica do eletróforo de pizza, particularmente a voltagem. Sugere-se perguntar aos estudantes, inicialmente, se, comparada à voltagem disponível nas residências (110 V e 220 V), a voltagem das observações do eletróforo é maior ou menor, anotando as opiniões para discutir no final.

Para a realização de medições, sugerem-se os seguintes passos:

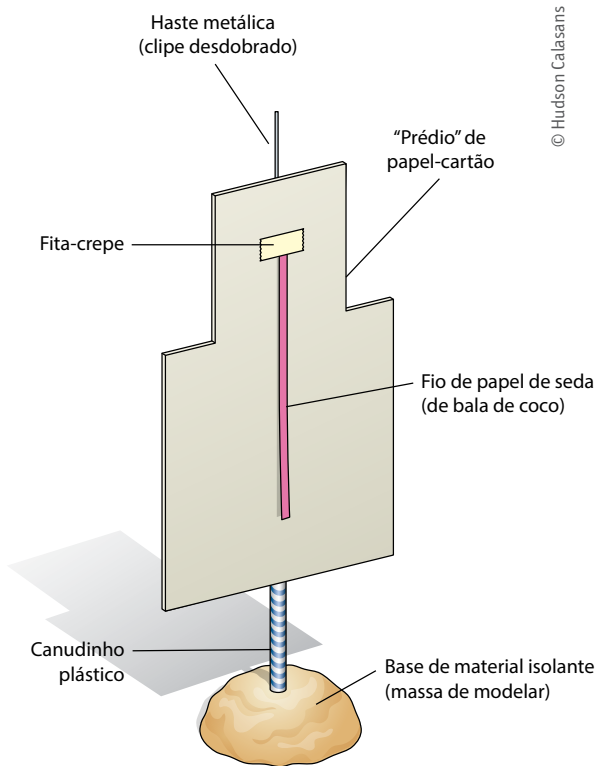
- 1) Dividir os estudantes em grupos de investigação.
- 2) Cada grupo deve escolher o objeto que sofrerá a descarga elétrica (vamos chamá-la de “ponta de prova”), repetindo os procedimentos da Parte 1, com o cuidado de estabelecer alguma distância entre o eletróforo e a ponta de prova.
- 3) Há, entretanto, um problema: colocar uma régua ou qualquer objeto entre o eletróforo (disco de pizza) e a ponta de prova alteraria a condição que se quer medir. Assim: como realizar uma medida precisa e confiável, sem interferir na descarga do eletróforo? Sugere-se inicialmente colocar o problema aos estudantes: *Como medir a distância sem que isso interfira no dispositivo?* As propostas podem ser descritas e, em seguida, realizadas medições a partir delas, comparando-se os resultados obtidos pelos diferentes grupos.
- 4) Duas soluções a ser sugeridas após essa fase de propostas (se ela não surgir no trabalho do item anterior) serão: (a) fotografar a situação na distância em que se observa a descarga elétrica. Não é fácil obter uma foto da faísca em si ou conseguir uma boa imagem filmando-a (pois a intensidade da faísca é pequena). O grupo pode fazer essa tentativa e, depois, imprimindo a fotografia, podem-se fazer as medidas proporcionais do tamanho do disco de pizza e da distância entre o disco e a ponta de prova. Sabendo a medida real do disco de pizza, pode-se calcular por proporção a medida da distância. Deve-se estar atento para que a fotografia seja tirada de maneira a não distorcer a distância, com a câmera sendo posicionada frontalmente à descarga elétrica; (b) se não puder ser obtida a imagem da faísca, sugere-se que o experimento seja conduzido com o cuidado de aproximar o eletróforo horizontalmente da ponta de prova e, ao se constatar a faísca, deixá-lo naquela posição, para realizar a medida diretamente.
- 5) Com a distância em centímetros, pode-se estimar a voltagem envolvida no eletróforo de pizza. Você deverá mencionar a rigidez dielétrica do ar como parâmetro para a estimativa.
- 6) A medida desse estudo até o momento considerou a observação da faísca. Mas será que ela é confiável? Sugere-se pedir aos estudantes outro procedimento. As medidas devem ser





comparadas agora com outra situação, substituindo a ponta de prova por um eletroscópio com um pequeno “para-raios”. O eletroscópio indica com mais precisão quando há descargas elétricas, uma vez que o indicador de carga se movimenta. Para diferenciar esse processo da indução, deve-se observar atentamente quando houver um pequeno salto do indicador (fita de papel de seda), mostrando que a carga elétrica foi transferida do eletróforo para o eletroscópio. Uma sugestão de eletroscópio de baixo custo se encontra na Figura 16 e também pode ser incluída na atividade a sua construção. Sugere-se repetir os procedimentos de eletrização e descarga, medindo a distância em que o eletroscópio indica descarga elétrica.

- 7) No material de laboratório das escolas do Programa Ensino Integral, encontra-se um gerador eletrostático de Van de Graaff. Pode-se completar a atividade substituindo o eletróforo pelo gerador de carga eletrostática e medindo a voltagem com o auxílio do eletroscópio, por meio do cálculo da distância onde se obtém a faísca.



© Hudson Calasans

Figura 16 – Montagem possível para um eletroscópio de folha.

Resultados observáveis

Serão observadas descargas elétricas de intensidade suficiente para ser percebidas pelos estudantes (vistas e talvez ouvidas). As estimativas de distância permitirão perceber que as atividades de eletricidade estática envolvem uma voltagem muito maior que aquelas mais comuns disponíveis nas instalações elétricas residenciais (127 e 220 V).

Os procedimentos utilizados ou criados para observação lhes permitirão discutir como a atividade científica se desenvolve.

Discussão dos resultados

Parte 1 – Explorando as descargas elétricas do eletróforo de pizza

Nesta Parte, espera-se que você possa aproveitar uma exploração lúdica da eletrização por indução do eletróforo. Sugere-se deixar que os estudantes interajam diretamente com o dispositivo, realizando tanto a eletrização por atrito da base como a eletrização por indução do disco de pizza e, finalmente, a descarga do conjunto.



Deve-se ficar atento para não descarregar o eletróforo ao transportá-lo, após ser carregado eletricamente por indução. Quando o eletróforo estiver eletricamente carregado, deve-se evitar aproximar o corpo ou o braço do disco de pizza, pegando o conjunto apenas com a haste isolante, com o braço estendido.

Além das pequenas descargas elétricas entre o disco de pizza e os corpos que se aproximam, se a sala estiver suficientemente silenciosa, será possível ouvir o barulho da descarga. Têm-se assim, em pequena escala, um raio e seu trovão.

Uma possibilidade interessante é oferecer a oportunidade para que os estudantes construam seus próprios eletróforos de pizza.

Parte 2 – *Estimando a voltagem*

Sabe-se, como indicado no Caderno do Professor, que a rigidez dielétrica do ar é de 3×10^6 volts por metro (V/m). Se se conseguir medir a distância (em metros ou em centímetros) em que se observa a descarga elétrica visível, será possível estimar a voltagem envolvida no dispositivo por simples proporcionalidade. Espera-se que a medida obtida na Parte 2, dependendo da umidade do ar, esteja acima de 5.000 V, ou seja, que seja muito maior do que as observadas nas tomadas residenciais.

O trabalho investigativo proposto no item 3 da Parte 2 é um momento bastante rico, em que os grupos podem escolher caminhos diferentes para essa tarefa, depois fazer medições e discutir sua confiabilidade. Você pode explorar essa situação, que, guardadas as devidas proporções, muito se assemelha à produção de conhecimento na atividade científica, quando grupos diferentes procuram solução para um mesmo problema, reunindo-se posteriormente em simpósios ou congressos para discutir a consistência de suas soluções. No caso das atividades científicas, os grupos de pesquisa disputam a primazia da descoberta e as verbas de financiamento disponíveis para sua área, situação que você também poderia discutir, refletindo sobre a atividade científica e colocando os cientistas como pessoas sujeitas a emoções humanas como alegria, ciúmes, desavenças, colaborações etc.

Na Parte 2, item 6, a introdução do eletroscópio de folha permitirá observar que, antes da faísca visível, já há descargas elétricas imperceptíveis ao olho humano. Fenômeno semelhante se observa com os raios em nuvens (ver, por exemplo, o fenômeno chamado de **líder escalonado** ou de **carga líder**, disponível no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe): <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/>>; acesso em: 21 jul. 2014), indicando que a movimentação de cargas elétricas ocorre antes da parte visível do fenômeno. Com esse procedimento, pode-se rever o valor da voltagem, a partir da obtenção de uma nova medição da distância de descarga, sendo a ponta de prova a ponta do para-raios. Podem-se também explorar as questões da observação científica com uso de instrumentos.

Ampliação do estudo experimental

1) O entendimento do funcionamento de para-raios poderia ser aprofundado, com você e os estudantes pesquisando o assunto nas firmas que trabalham com a instalação desses dispositivos,





considerando diferentes configurações, modelos e suas aplicações. Esse estudo também poderia ser realizado com os estudantes, obtendo-se fotografias de instalações em que se poderá ver que muitas edificações possuem diversos pequenos para-raios interligados (formando uma extensão maior de pontas sobre a instalação). A parte de neutralização do raio envolve alguns sais de cobre, que ficam enterrados, propiciando um aprofundamento com o componente curricular Química. Com o componente curricular Geografia podem ser pesquisados, junto a grupos de estudos científicos do Inpe, que locais do Brasil têm maior incidência de raios, tentando caracterizá-los. Obter um mapa de queda de raios no Brasil seria um dos objetivos de tal trabalho.

2) Embora não seja um fenômeno enquadrado como eletrostática, podem-se pesquisar junto às empresas de fornecimento de energia elétrica as diversas voltagens que utilizam. Na transmissão de energia elétrica, ocorrem diversas fases de elevação e rebaixamento de tensão, havendo nas cidades instalações residenciais com 127 V (monofásica) e 220 V (bifásicas). Há também instalações comerciais com essas tensões e outras maiores (como redes trifásicas). Na rede aérea de transmissão – fios nos postes das ruas –, encontram-se tensões de 127 V, 220 V e outras maiores, antes dos transformadores, com tensões maiores (acima de 10.000 V, por exemplo). Nas grandes linhas de transmissão, tensões maiores que esses valores estão disponíveis. Todas essas modalidades poderiam ser identificadas na pesquisa, observando-se os riscos de descargas elétricas em redes de alta-tensão, quando o simples fio de uma pipa pode ser condutor elétrico, dada a tensão ali presente. Pode-se, com o componente curricular Geografia, tratar sobre as usinas que fornecem energia elétrica no chamado sistema interligado, mostrando quão longe as fontes geradoras se encontram de sua cidade, explorando a necessidade da alta-tensão em tais transmissões, decorrente do problema físico de dissipação térmica. Com o componente curricular Biologia, poderiam ser explorados os efeitos biológicos da eletricidade e como os trabalhadores das empresas de energia elétrica se protegem para trabalhar com os fios ligados.

PARA SABER MAIS

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Bookman: Porto Alegre, 2011.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. da; BARROS, M. A. Laboratório caseiro para-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p168>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

LIBRANTZ, H.; LIBRANTZ, A. F. L. Descargas elétricas atmosféricas e suas interações com aeronaves. *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. 2, jul./dez. 2006, p. 247-258. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81040204>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SÃO PAULO, EDUCAÇÃO (FDE). *Manual de orientação para manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas nas escolas – para-raios*. Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/AP%20Download/manual_SPDA.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.





TEMA 9: SIMULANDO UM CIRCUITO RESIDENCIAL

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Circuitos elétricos são temas de estudo das aulas de Física do Ensino Médio; neles, as associações em série e em paralelo são trabalhadas por meio de diagramas e esquemas representativos, e os parâmetros físicos relevantes para o circuito todo são expostos no nível teórico, quase sempre sem nenhuma relação entre o que existe no livro e na vida real. No circuito de uma residência, existem equipamentos elétricos (lâmpadas, televisor, geladeira, liquidificador, computador, entre muitos outros), todos eles com diferentes níveis de consumo de energia. Muitas vezes, estão conectados ao circuito elétrico outros equipamentos e elementos não visíveis, sem os quais o circuito não funcionaria, tais como fios de ligação, disjuntores, tomadas e outros vários dispositivos elétricos que interligam os elementos do sistema elétrico.

Uma instalação elétrica funcional, segura e de bom rendimento necessita de um planejamento e, para isso, são necessários conhecimentos teóricos de circuitos elétricos, como associações em paralelo e em série, intensidade de correntes, potência de aparelhos, voltagem de entrada e resistividade de fios.

Planejar uma pequena rede elétrica colabora para a materialização das representações teóricas de circuitos por meio de diagramas e esquemas para melhor compreensão dos sistemas elétricos com que os estudantes convivam diariamente. Essa atividade complementa o tema Eletricidade desenvolvido no Caderno do Professor da 3ª série.

Problema a ser investigado

Qual é o maior número de equipamentos elétricos que podem funcionar simultaneamente, de forma independente e segura, na rede elétrica de uma casa?

Habilidades

Reconhecer a relação independente dos elementos de uma associação elétrica em paralelo e a dependência numa associação em série; reconhecer ligações em série e em paralelo em circuitos elétricos reais e identificar as relações entre elas e as representações esquemáticas teóricas; compreender que em uma associação em paralelo a corrente elétrica necessária para o funcionamento adequado dos elementos do circuito elétrico corresponde à soma das correntes elétricas em cada um dos dispositivos; identificar o uso e a inserção no circuito dos principais dispositivos elétricos de uma residência; elaborar planta baixa e fazer instalação de um circuito residencial com elementos elétricos básicos.

Número de aulas

4 aulas.





COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Parte 1 – Inicia-se com a atividade de montagem de circuitos elétricos, começando com circuito simples (como acender uma lâmpada utilizando uma fonte e fios), passando para associações de dispositivos em paralelo e depois em série, retomando os conhecimentos desenvolvidos na atividade *Analisando um circuito elétrico*, do Caderno do Professor da 3ª série.

Parte 2 – Em seguida, em grupo, os estudantes desenham uma planta baixa do circuito elétrico de uma casa de três cômodos (sala, quarto e cozinha) e um longo corredor de entrada, indicando os pontos da entrada da rede elétrica externa, da chave geral, dos pontos de luz e das tomadas. Em seguida, eles escolhem os equipamentos elétricos básicos essenciais de uma casa, relacionando-os em uma tabela, dimensionando seus valores de potência (Watt) e tensão (Volt) e desenhando-os num croqui para compor uma planta baixa.

Parte 3 – Dando continuidade, seguindo a planta, constrói-se a rede elétrica de uma maquete de casa. Ao contrário da rede de distribuição pública, em que a tensão é oferecida em corrente alternada (AC), a maquete deverá utilizar uma fonte de baixa voltagem, em corrente contínua (CC).

Execução da atividade experimental

Material necessário

Parte 1 – Fonte de eletricidade de baixa tensão, 5 lâmpadas de lanterna com soquete, fios de ligação, interruptores de tensão, amperímetro; Parte 2 – Cartolina, lápis, giz de cera colorido, régua; Parte 3 – Fonte de eletricidade de baixa tensão (procure no material de laboratório de sua escola), lâmpadas de lanterna com soquete, fios de ligação, interruptor, tomadas, alicate, alicate de corte, tesoura, cola quente, colas, fita isolante.

Procedimentos a ser adotados

Parte 1 – *Associações dos diferentes elementos da rede elétrica residencial*

- 1) Apresente inicialmente aos grupos o seguinte roteiro de investigação, tendo como foco a identificação da associação, em série ou em paralelo, nas diferentes malhas elétricas:
 - a) Como devem estar associados os diferentes dispositivos elétricos de uma casa, para que funcionem independentemente?
 - b) Como se deve associar um dispositivo de segurança (chave geral ou parcial), se ele deve interromper simultaneamente o funcionamento de todos os dispositivos que protege?
 - c) Como deve estar associado o interruptor (botão que comanda o acender ou apagar) de uma lâmpada? Qual deve ser a associação de um interruptor para funcionamento simultâneo de três lâmpadas?



2) Experimento:

- a) Esteja atento a regular a fonte de corrente contínua em baixa tensão para o valor adequado ao funcionamento da lâmpada disponibilizada para execução da experiência.
- b) Construa um circuito simples que funcione com uma fonte, com fios de ligação, uma lâmpada e um interruptor.
- c) Acrescente mais duas lâmpadas no circuito anterior, de modo que elas funcionem independentemente, com sua potência máxima, acionadas por um único interruptor. O que ocorreria se a forma de associação das lâmpadas fosse outra?
- d) Insira um amperímetro no circuito e meça a corrente elétrica que passa pelo interruptor quando as três lâmpadas estão acesas. Em seguida, retire uma das lâmpadas, simulando que ela tenha queimado, e meça a corrente. Retire mais uma lâmpada, deixando apenas uma em operação, e meça a corrente. O que essas medidas da corrente elétrica possibilitam concluir?
- e) Coloque novamente as duas lâmpadas e faça o interruptor comandar que elas permaneçam apagadas. Qual é a corrente indicada no amperímetro, nesse caso?

Parte 2 – Planta baixa de uma pequena residência

Em grupos, os estudantes podem receber um roteiro conforme modelo a seguir:

- 1) Desenhe um esboço em planta baixa de uma pequena casa de três ambientes (sala, quarto e cozinha) com um longo corredor de entrada. No desenho da planta baixa:
 - a) Faça marcações dos pontos das lâmpadas, de seus interruptores e das tomadas para ligar os aparelhos elétricos.
 - b) Indique o local de entrada de energia elétrica fornecida pela distribuidora e o local da casa aonde chegam os fios na chave geral, que desliga toda a eletricidade da residência. Nessa caixa, deve ser desenhado o ponto de instalação do dispositivo de segurança (disjuntor ou fusível de proteção).
 - c) Defina o número de lâmpadas, de interruptores, de tomadas, de fios e outros dispositivos que julgar necessários. A iluminação do corredor de entrada deve ser planejada para acendimento simultâneo de 2 lâmpadas.
 - d) Identifique a potência e a tensão de operação das lâmpadas e estime qual é o valor da corrente elétrica quando todas as lâmpadas da casa estiverem acesas. Tome compatíveis as tensões do circuito com a da fonte de baixa tensão disponível no laboratório.

Parte 3 – Instalando a rede elétrica planejada

Em grupos, os estudantes podem receber um roteiro conforme modelo a seguir:

- 1) Cole ou fixe na cartolina os soquetes com lâmpadas, os interruptores e tomadas indicados na planta baixa. Na caixa de distribuição da chave geral, coloque um interruptor simulando o dispositivo de segurança. Faça a montagem dos fios de ligação para o funcionamento previsto aos pontos de luz e às tomadas da residência. Use a fita isolante para proteger as uniões feitas entre os fios elétricos utilizados. Cuidado ao utilizar a tesoura para descascar as pontas dos fios para conexões necessárias.
- 2) Ligue a fonte de eletricidade e verifique o funcionamento correto de todos os pontos de luz da residência. Teste as tomadas utilizando as lâmpadas. Ligue e desligue a chave geral (simulada pelo interruptor), identificando seu funcionamento adequado. Avalie seu projeto.





Resultados observáveis

Na Parte 1 – item 1, as questões (a), (b) e (c) retomam os conhecimentos sobre circuitos elétricos e as formas de associação de dispositivos elétricos, permitindo observar a aplicação dessas associações para garantir a dependência ou a independência do funcionamento dos dispositivos. No item 2, as questões de (a) a (d) permitem observar a prática de montagem de circuitos elétricos, como a necessidade de fonte, fios e dispositivos, e explorar as características das associações em série e em paralelo, medindo correntes em diversas associações. Os valores das correntes dependem dos dispositivos elétricos disponíveis no laboratório.

Na Parte 2, a elaboração de uma planta elétrica de uma residência evidencia a necessidade de planejamento da distribuição de energia elétrica pela casa. A Questão 4 estima o consumo de energia elétrica e investiga a corrente elétrica necessária, entre outras variáveis, para dimensionar os circuitos.

Na Parte 3, o item 1 propõe a construção da rede de distribuição planejada na Parte 2, dando materialidade ao tema e permitindo avaliar o projeto elaborado. O não funcionamento do circuito ou de partes dele deve ser estudado para identificar falhas na planta baixa e/ou na instalação.

Discussão dos resultados

Retome as hipóteses apresentadas pelos estudantes e compare-as com as medidas ou os cálculos realizados.

As medidas de corrente elétrica devem evidenciar o caráter quantitativo vinculado a cada dispositivo e explicitar que o uso simultâneo de diversos dispositivos elétricos corresponde a um aumento na corrente elétrica da residência, expressa pela soma das correntes elétricas individuais.

Discuta com os estudantes que os dispositivos de segurança ou proteção da rede elétrica (disjuntores, fusíveis etc.) devem ser escolhidos considerando o dimensionamento adequado da corrente elétrica total e das tensões utilizadas, garantindo de fato a proteção dos circuitos elétricos da casa. Alerta que a substituição por outro material ou por um disjuntor não adequado colocará em risco a proteção da rede e dos moradores da residência. Por isso, deve-se evitar sua supressão ou substituição sem considerar a demanda de energia elétrica.

Ampliação do estudo experimental

1) Uma continuidade do experimento pode ser o planejamento e a instalação elétrica em uma casa mais complexa que a maquete construída, por exemplo, uma casa de brinquedo, na qual fossem inseridos no circuito outros equipamentos e sistemas. A espacialidade dessa instalação e o aumento de elementos elétricos no projeto trazem novos desafios.

2) Outra possibilidade é o estudo da instalação elétrica da própria escola ou do laboratório de Física, discutindo se ela é adequada e em que poderia ser melhorada, levando em consideração



padrões arquitetônicos e de engenharia e a iluminação por m². Essa possibilidade poderia ser complementada com entrevistas com profissionais dessas áreas.

3) Proponha a realização da Atividade 4 de caráter experimental, disponível no Grupo de Reelaboração de Ensino de Física, *Física 3: Eletromagnetismo*, 4. ed. São Paulo: Edusp, 2000, p. 102-108. Com a elaboração da tábua de eletricidade proposta, podem-se investigar o efeito Joule, sua relação com a espessura do fio e a implicação disso no funcionamento de um fusível, explorando o dimensionamento adequado dos fios de ligação e do dispositivo de segurança.

PARA SABER MAIS

FERREIRA, R. A. F. *Instalações elétricas I*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/N5aQsD>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

SILVA, M. C. Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos. *Revista Física na Escola*, v. 12, n. 1, 2011, p. 16-19. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/circuitos.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014.



TEMA 10: CAMINHOS DA ENERGIA – PROCESSOS DE GERAÇÃO E SUA TRANSFORMAÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A capacidade de a energia se transformar em diferentes modalidades e o importante princípio da conservação da energia são questões de relevante importância para a humanidade. Das descobertas do século XIX (com trabalhos de Faraday sobre a indução eletromagnética) às perspectivas de uma nova transformação (no início do século XX, com as ideias de Einstein sobre o efeito fotoelétrico), chegamos ao século XXI com renovado interesse pela obtenção e transformações possíveis da energia.

A produção de energia e seu uso social têm sido parâmetro de medida da qualidade de vida de um país. A demanda por energia é cada vez maior, o que exige a investigação tecnológica de outras formas de produção de energia, e, entre elas, estão as células fotoelétricas, que transformam energia solar em eletricidade.

O experimento propõe duas etapas de análise: a conversão mecânico-elétrica pelo princípio da indução eletromagnética e a conversão luz-eletricidade por intermédio do efeito fotoelétrico, complementando o estudo das fontes de energia elétrica do Caderno do Professor da 3ª série.





A partir de um sistema de indução eletromagnética (quer seja ímã-espira, dínamo de bicicleta ou motor de corrente contínua), faz-se a relação da energia como a grandeza capaz de produzir trabalho. A partir daí, pretende-se ampliar a discussão do processo de transformação, investigando as diferentes modalidades de energia envolvidas.

Num segundo processo, a partir de uma célula fotovoltaica, tem-se como objetivo transformar a energia luminosa em energia elétrica.

Um questionamento de como a energia luminosa é também convertida em eletricidade pode trazer a discussão do processo quântico envolvido no efeito fotoelétrico e levar os estudantes a fazer projeções no século XXI e além. Os questionamentos poderão permear as descobertas e correlações estabelecidas nas medidas tomadas nos dois processos abordados.

Problema a ser investigado

Eletricidade: Como obtê-la? Como transformá-la? Qual é a importância para a humanidade da descoberta de processos que possam implicar mais qualidade e menos danos à sustentabilidade?

Habilidades

Reconhecer que as distintas formas de energia estão associadas às diferentes naturezas de interação (como a nuclear, a eletromagnética, a gravitacional); compreender que umas são transformadas em outras, mas que se trata apenas de um único ente físico – a energia; identificar a grandeza física que caracteriza e permite quantificar a energia em cada caso (forma), como a velocidade e a energia cinética, a carga elétrica e a energia elétrica, a quantidade e a frequência dos fótons e a energia eletromagnética do feixe de luz; identificar processos que promovam a transformação de uma forma de energia em outra.

Número de aulas

Para o desenvolvimento das discussões, construções e investigação, sugerem-se quatro aulas.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Questões que podem auxiliar o levantamento dos conhecimentos dos estudantes: *Onde não está a eletricidade? O que permite perceber a sua presença? De que forma se manifesta no dia a dia e como se pode medi-la? Como é possível transformar outras energias em energia elétrica? Com uma lâmpada, obtém-se luz a partir de eletricidade; e o inverso, é possível? Existe algum aparelho, dispositivo que consegue transformar luz em eletricidade?*



Execução da atividade experimental

Material necessário

a) Conjunto de conversão da energia com bateria solar 5 W – que deve estar disponível no laboratório da escola. Verifique se nesse conjunto estão os multímetros, a célula fotovoltaica, conexões para o instrumental; b) dínamo de bicicleta, fonte de tensão ou algo similar (pode ser um motor de corrente contínua retirado de sucata de computador ou impressora e, nesse caso, é desejável que o eixo do motor tenha uma pequena roda presa à sua extremidade para que possa ser girado); c) um ímã potente; sugere-se o de neodímio (se não estiver disponível no material do laboratório da escola, pode ser retirado de um disco rígido de computador quebrado); lâmpada de voltagem igual à disponível na célula fotoelétrica do conjunto (qualquer potência) e fios para sua ligação.

Procedimentos a ser adotados

Divida a turma em tantos grupos quanto o número de equipamentos permitir e faça o encaminhamento seguinte.

Parte 1 – *Transformação mecânica → elétrica → mecânica*

1) Você poderá problematizar o assunto fazendo perguntas do tipo: *Vocês sabem de onde vem a eletricidade que ilumina a sala de aula (laboratório)? Como funciona a usina, ou o gerador, que fornece essa energia elétrica para nós?*

2) Montagem 1: tendo em mãos o voltímetro, monte uma espira com algumas voltas de fio encapado e conecte seus terminais no aparelho, tendo a menor escala – em volts CC (corrente contínua) – selecionada (caso haja um multímetro analógico disponível, é preferível).

a) Faça o movimento relativo ímã-espira, passando o ímã perpendicularmente por entre as espiras e indicando a variação de leitura do voltímetro, demonstrando a Lei de Lenz. Faça também o ímã girar bem próximo à espira. Pergunte aos estudantes: *É possível girar o ímã de alguma forma que também produza variação na leitura do voltímetro?*

3) Montagem 2: conjunto de conversão da energia com bateria solar 5 W. Existente no laboratório, possui um carrinho com motor elétrico (ou um disco de Newton acoplado a um motor) que permite a conexão de uma fonte diretamente nele.

a) Utilize um dínamo de bicicleta que forneça corrente contínua ou outra fonte de tensão (CC) existente no material de laboratório, ligando-o ao carrinho ou ao disco de Newton. Movimente o dínamo cada vez mais rápido ou aumente a intensidade da tensão na fonte até que seja possível identificar o movimento do carrinho ou do disco. Peça aos estudantes que investiguem quais são as transformações de energia envolvidas. Questione-os sobre a origem da energia elétrica disponível na tomada da sala de aula: *Onde está o “dínamo” que gera essa eletricidade? Onde está a mão que gira o dínamo?*





- b) Repita o procedimento com o conjunto espira/ímã, em vez da fonte de tensão. Observe se há movimento no carrinho ou no disco de Newton. Questione o que poderia ser feito para que passasse a ocorrer o movimento do carrinho ou do disco de Newton, comparando com a situação anterior.

Parte 2 – *Transformação luminosa > elétrica > mecânica e luminosa > elétrica > luminosa*

Está disponível na escola do Programa Ensino Integral uma célula fotovoltaica cuja potência é de 5 W. Conecte os terminais ao voltímetro e à célula fotovoltaica e ilumine-a. Identifique na célula qual é sua tensão nominal e ajuste a escala do voltímetro antes de medi-la.



© Fernando Genaro/Fotoarena

Figura 17 – Conjunto para estudo de transformação de energia.

- 1) Faça os seguintes questionamentos aos estudantes: *O que você observa com as medidas do voltímetro ao ligar e desligar a luz que ilumina a célula fotovoltaica? O que acontece se a fonte for deixada mais próxima ou mais distante? E se a fonte de luz for inclinada, muda alguma coisa? Comparando a célula fotovoltaica com o dínamo, que analogias podem ser estabelecidas? A luz fez o que era antes feito pela água na hidrelétrica ou pelo seu braço no dínamo?*
- 2) Substitua, no circuito elétrico, o motor (do carrinho ou o disco de Newton) por uma lâmpada (certifique-se de que o valor nominal da tensão da lâmpada seja o mesmo da célula fotovoltaica). Questione: *O que se pode aprender ao observar que se usa energia para produzir o movimento (no gerador ou no dínamo), energia essa que foi transformada em energia elétrica e depois foi novamente transformada em movimento pelo motor do carrinho? Pode-se dizer que o mesmo aconteceu com a luz? Ela foi transformada em energia elétrica pela célula fotovoltaica e depois a lâmpada novamente fez a transformação da energia elétrica em luz? É possível também transformar a energia da luz em energia de movimento? Isso aconteceu quando se utilizou a célula fotovoltaica para acionar o motor?*

Resultados observáveis

Com a observação de movimento e luz das atividades sugeridas, será possível perceber a transformação de energia, por exemplo, nos processos de transformação mecânica/eletromagnética/mecânica e luminosa/elétrica/luminosa, tornando visível a correlação das naturezas mecânica, eletromagnética clássica e fotoelétrica em processos de interação.

Discussão dos resultados

Uma vez que as montagens são mais complexas, recomenda-se que o diálogo sobre as observações saliente principalmente as transformações de energia nas diversas modalidades observadas. As indicações a seguir podem auxiliar nas discussões em cada ponto:

- 1) Parte 1 – item 1. Recomende aos estudantes a realização de uma pesquisa sobre a geração de energia elétrica, as diferentes formas e as transformações utilizadas para obter a energia elétrica. Deve-se dar destaque às células fotovoltaicas e ao efeito fotoelétrico.
- 2) Parte 1 – item 2. É o momento de questionar: *Onde está a energia elétrica? e De onde surgiu?* Depois da discussão, explicita a importância da indução eletromagnética nos geradores que utilizam a energia mecânica como fonte primária para a transformação em energia elétrica. Permita aos estudantes que experimentem diretamente os dispositivos das montagens, se houver tempo ou material para todos os grupos.
- 3) Parte 1 – item 3. É pouco provável que o processo de indução eletromagnético feito com as espiras e o ímã, com a mão, dê conta de fazer um motor funcionar, daí a necessidade de se utilizar um dínamo de bicicleta ou de uma fonte de tensão disponível no material de laboratório. Também pode-se substituir o motor por uma lâmpada de LED, que fará um pequeno lampejo se o ímã for movimentado na direção correta.
- 4) Parte 1 – item 3. Faça uso do dínamo para mostrar o mais evidente: que o motor do carrinho (ou do disco de Newton) gira. É a grande oportunidade para mostrar que a origem da eletricidade, lá no movimento do ímã, voltou a ser movimento. As transformações de energia podem ser quaisquer e o tipo que era um pode voltar a sê-lo, o que nos leva a questionar primeiro sua transformação entre naturezas diferentes e, em seguida, se pode ocorrer a conservação. Há espaço aqui para propor interessantes discussões aos grupos: *A energia se conserva ou não? Que evidências? Que processo poderia mostrar isso? Você pode propor uma pesquisa mais ampla que busque elementos científicos favoráveis à conservação da energia e outros contrários (moto-perpétuo, por exemplo).*
- 5) Parte 2 – item 1. Questione também: *A produção de energia elétrica por uma célula fotovoltaica funciona da mesma maneira que o ímã e a espira? É necessário que haja movimento? De onde veio a energia? Como a luz interage com a matéria?*
- 6) Parte 2 – item 1. Recomenda-se, para essa discussão com os estudantes, o uso de um recurso adicional. Se possível, faça uma demonstração do aspecto quântico da luz através de uma animação em Java da Universidade do Colorado, disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric (acesso em: 21 jul. 2014). Essa animação é uma oportunidade de conceber a luz como fótons e modelar o que ocorre na célula fotoelétrica (um experimento para isso requer um instrumental muito mais específico, mas não impede essa abordagem aqui).
- 7) Parte 2 – item 2. Siga o roteiro das discussões já feitas com o movimento-eletricidade-movimento, para que os estudantes possam comparar as duas situações.





Ampliação do estudo experimental

- 1) Pode-se propor um estudo/pesquisa focando como ambientes especiais – como o da Estação Espacial Internacional – mantêm suas reservas de energia para atender tantas missões.
- 2) Na Astronomia, o efeito fotoelétrico é usado na forma de tubos fotomultiplicadores e dispositivos acoplados de carga (CCD). O tubo fotomultiplicador de elétrons faz uso do efeito fotoelétrico para converter pequenas intensidades de luz em correntes elétricas que podem ser analisadas. Os elétrons deslocados pelo efeito fotoelétrico caminham por um tubo especial reunindo mais elétrons. Quando chegam ao fim do tubo, milhões de elétrons foram carregados por este único inicial. Uma pesquisa focando como funcionam os CCDs pode ajudar a entender por que as imagens do Telescópio Hubble são sempre muito belas (nesse caso, há algo a mais além de um espelho grande fora da atmosfera).
- 3) Outra discussão bastante interessante é aprofundar questões experimentais. Daí uma possível relação a ser investigada é a alteração da distância da célula fotovoltaica da janela ou de uma lanterna acesa. Sendo habilidoso, você pode conduzir o seguinte experimento: mantenha uma fonte luminosa constante e única. Marque distâncias sucessivas de metro a metro desta fonte e garanta que seja a única no recinto. Coloque a célula nas distâncias marcadas e registre a ddp em seus terminais. Monte um gráfico da ddp em função da distância. Verifique se é possível determinar a lei do quadrado do inverso da distância, o que somente ocorrerá para células fotovoltaicas que tenham resposta linear com a variação da intensidade luminosa.

O resultado geral das observações permitirá ao grupo pesquisar aplicações do processo de indução eletromagnética e o comportamento quântico da luz.

PARA SABER MAIS

BARTHEM, R. *A luz*. São Paulo: Livraria da Física Editora, 2005. (Coleção Temas Atuais da Física.)

REF – IFUSP. *Leituras de Física – Eletromagnetismo*. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

GOLDSMITH, M. *Albert Einstein e seu universo inflável*. São Paulo: Cia das Letras, 2004. (Especialmente indicado aos estudantes – paradidático.)

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011, parte 6, p. 553. (Traz uma boa discussão sobre o efeito fotoelétrico.)

SALVETTI, A. R. *A história da luz*. São Paulo: Livraria da Física Editora, 2008.



CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL
PRIMEIRA EDIÇÃO 2014

COORDENADORIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (CGBE)

Coordenadora

Maria Elizabete da Costa

Diretor do Departamento de Desenvolvimento Curricular de Gestão da Educação Básica

João Freitas da Silva

Diretora do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAP

Valéria Tarantello de Geogel

Coordenação Técnica

Roberto Canossa

Roberto Liberato

Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

PROGRAMA ENSINO INTEGRAL

Coordenação da elaboração dos materiais de apoio ao Programa Ensino Integral

Valéria de Souza

Apoio técnico e pedagógico

Marilena Rissutto Malvezzi

Equipe Técnica

Maria Sílvia Sanchez Bortolozzo (coordenação), Carlos Sidiomar Menoli, Dayse Pereira da Silva, Elaine Aparecida Barbiero, Helena Cláudia Soares Achilles, João Torquato Junior, Kátia Vitorian Gellers, Maria Camila Mourão Mendonça de Barros, Maria Cecília Travain Camargo, Maria do Carmo Rodrigues Lurial Gomes, Maúna Soares de Baldini Rocha, Pepita de Souza Figueredo, Sandra Maria Fodra, Tomás Gustavo Pedro, Vera Lucia Martins Sette, Cleuza Silva Pulice (colabor.) e Wilma Delboni (colabor.)

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI

Presidente da Diretoria Executiva

Mauro de Mesquita Spínola

Vice-Presidente da Diretoria Executiva

José Joaquim do Amaral Ferreira

GESTÃO DE TECNOLOGIAS EM EDUCAÇÃO

Direção da Área

Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto

Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão da Produção Editorial

Luis Marcio Barbosa e Renata Simões

Equipe de Produção

Editorial: Guiomar Milan (coordenação), Bruno Reis, Carina Carvalho, Karina Kempter, Karinna A. C. Taddeo,

Leticia Maria Delamare Cardoso, Marina Murphy e Natália Pereira Leal

Direitos autorais e iconografia: Denise Blanes (coordenação), Beatriz Fonseca Micsik, Érica Marques, José Carlos Augusto, Marcus Ecclissi e Vanessa Leite Rios

Produção editorial: Adesign (projeto gráfico) e Jairo Souza Design Gráfico (diagramação e ilustrações não creditadas)

ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

Coordenação do desenvolvimento dos conteúdos dos volumes de apoio ao Programa Ensino Integral
Ghisleine Trigo Silveira

Cadernos do Gestor

Avaliação da aprendizagem e nivelamento

Zuleika de Felice Murrie

Diretrizes do Programa Ensino Integral

Valéria de Souza (coord.), Carlos Sidiomar Menoli, Dayse Pereira da Silva, Elaine Aparecida Barbiero, Helena Cláudia Soares Achilles, João Torquato Junior, Kátia Vitorian Gellers, Maria Camila Mourão Mendonça de Barros, Maria Cecília Travain Camargo, Maria do Carmo Rodrigues Lurial Gomes, Maria Sílvia Sanchez Bortolozzo, Maúna Soares de Baldini Rocha, Pepita de Souza Figueredo, Sandra Maria Fodra, Tomás Gustavo Pedro, Vera Lucia Martins Sette, Cleuza Silva Pulice (colabor.) e Wilma Delboni (colabor.)

Formação das equipes do Programa Ensino Integral – Vol. 1

Beatriz Garcia Sanchez, Cecília Dodorico Raposo Batista, Maristela Gallo Romanini e Thais Lanza Brandão Pinto

Formação das equipes do Programa Ensino Integral – Vol. 2

Beatriz Garcia Sanchez, Cecília Dodorico Raposo Batista, Maristela Gallo Romanini e Thais Lanza Brandão Pinto

Modelo de gestão do Programa Ensino Integral

Maria Camila Mourão Mendonça de Barros

Modelo de gestão de desempenho das equipes escolares

Ana Carolina Messias Shinoda e Maúna Soares de Baldini Rocha

Cadernos do Professor

Biologia: atividades experimentais e investigativas

Maria Augusta Querubim e Tatiana Nahas

Ciências Físicas e Biológicas: atividades experimentais e investigativas

Eugênio Maria de França Ramos, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Maíra Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yassuko Hosoume

Física: atividades experimentais e investigativas

Eugênio Maria de França Ramos, Marcelo Eduardo Fonseca Teixeira, Ricardo Rechi Aguiar e Yassuko Hosoume

Manejo e gestão de laboratório: guia de laboratório e de descarte

Solange Wagner Locatelli

Matemática: atividades experimentais e investigativas – Ensino Fundamental – Anos Finais

Maria Sílvia Brumatti Sentelhas

Matemática: atividades experimentais e investigativas – Ensino Médio

Ruy César Pietropaolo

Pré- iniciação Científica: desenvolvimento de projeto de pesquisa

Dayse Pereira da Silva e Sandra M. Rudella Tonidandel

Preparação Acadêmica

Marcelo Camargo Nonato

Projeto de Vida – Ensino Fundamental – Anos Finais

Isa Maria Ferreira da Rosa Guará e Maria Elizabeth Seidl Machado

Projeto de Vida – Ensino Médio

Isa Maria Ferreira da Rosa Guará e Maria Elizabeth Seidl Machado

Protagonismo Juvenil

Daniele Próspero e Rayssa Winnie da Silva Aguiar

Química: atividades experimentais e investigativas

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteado Lamas

Robótica – Ensino Fundamental – Anos Finais

Alex de Lima Barros

Robótica – Ensino Médio

Manoel José dos Santos Sena

Tutoria e Orientação de estudos

Cristiane Cagnoto Mori, Jacqueline Peixoto Barbosa e Sandra Maria Fodra

Cadernos do Aluno

Projeto de Vida – Ensino Fundamental – Anos Finais

Pepita de Souza Figueredo e Tomás Gustavo Pedro

Projeto de Vida – Ensino Médio

Pepita de Souza Figueredo e Tomás Gustavo Pedro

Apoio

Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mário Covas

<ul style="list-style-type: none">• Nos cadernos de apoio ao Programa Ensino Integral são indicados <i>sites</i> para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os <i>sites</i> indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.• Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).	<p>S239f São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.</p> <p>Física: atividades experimentais e investigativas; Ensino Médio – Caderno do Professor /Secretaria da Educação; coordenação, Valéria de Souza; textos, Eugênio Maria de França Ramos, Marcelo Eduardo Fonseca Teixeira, Ricardo Rechi Aguiar, Yassuko Hosoume. - São Paulo : SE, 2014.</p> <p>64 p.</p> <p>Material de apoio ao Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo.</p> <p>ISBN 978-85-7849-699-9</p> <p>1. Física 2. Atividade prática 3. Ensino Médio 4. Programa Ensino Integral 5. São Paulo I. Souza, Valéria de. II. Ramos, Eugênio Maria de França. III. Teixeira, Marcelo Eduardo Fonseca. IV. Aguiar, Ricardo Rechi. V. Hosoume, Yassuko. VI. Título.</p> <p>CDU: 371.314:373.5:53(815.6)</p>
--	--

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98. * Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**