



Metodologia do ensino de física

Metodologia do Ensino de Física

Bruno Silva Rodriguez Miguez

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Cristiane Lisandra Danna

Danielly Nunes Andrade Noé

Emanuel Santana

Grasiele Aparecida Lourenço

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Paulo Heraldo Costa do Valle

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

André Luis Delvas Fróes

Maria Clara Igrejas Amon

Lucas Caprioli Negrão

Editorial

Adilson Braga Fontes

André Augusto de Andrade Ramos

Cristiane Lisandra Danna

Diogo Ribeiro Garcia

Emanuel Santana

Erick Silva Griep

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Miguez, Bruno Silva Rodriguez
M634m Metodologia do ensino de física / Bruno Silva Rodriguez
Miguez. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional
S.A., 2017.
200 p.

ISBN 978-85-8482-908-8

1. Física – Estudo e ensino. I. Título.

CDD 530.7

2017

Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Ensino de Física	7
Seção 1.1 - Parâmetros Curriculares Nacionais	9
Seção 1.2 - Estimular o interesse na Física	24
Seção 1.3 - Inovação no ensino de Física	39
Unidade 2 Ensino de eletromagnetismo	57
Seção 2.1 - Eletrostática	58
Seção 2.2 - Circuitos elétricos	72
Seção 2.3 - Eletromagnetismo	86
Unidade 3 Ensino de termodinâmica e mecânica de fluidos	101
Seção 3.1 - Mecânica de fluidos	103
Seção 3.2 - Temperatura e calor	117
Seção 3.3 - Energia e máquinas térmicas	132
Unidade 4 Ensino de Mecânica e Física Moderna	149
Seção 4.1 - Cinemática	151
Seção 4.2 - Dinâmica	165
Seção 4.3 - Física Moderna	180

Palavras do autor

Olá, agora iniciamos nosso aprendizado sobre metodologias do ensino de física. Nesta jornada você terá contato com diversas práticas que visam melhorar o aprendizado e o relacionamento do aluno com esta disciplina, que muitas vezes é malvista entre os estudantes por ser considerada abstrata ou se basear na memorização de fórmulas. Além disso, você deve refletir sobre como você acredita que deveria ser o ensino de física, sobre quais práticas expostas neste livro você se identifica mais e sobre a importância da experimentação no aprendizado das ciências naturais.

Ao ensinar física, você tem a oportunidade de explicar fenômenos que são vistos diariamente e outros que, mesmo não sendo cotidianos, mexem profundamente com a nossa imaginação. Quem não gostaria de saber como a eletricidade pode tanto esquentar a água, no chuveiro, como resfriar o interior da geladeira? Além disso, ao ensinar física, você tem a possibilidade de verificar experimentalmente grande parte do conteúdo e promover, assim, o uso do método científico, que diz que devemos sempre questionar o conhecimento que nos é transmitido e verificá-lo experimentalmente.

Por mais prazeroso que seja conduzir os alunos por estas descobertas e experimentos, para realizar bem essa tarefa são necessárias diversas qualidades, dentre elas: iniciativa, capacidade de planejamento, liderança e comunicação para transmitir as informações e guiar os alunos nos caminhos escolhidos dentre os tantos possíveis.

Este livro tem como objetivo ajudar a desenvolver a compreensão de metodologias eficientes de ensino e avaliação, boas práticas para a sala de aula e para o ensino em laboratório. Para isso, foram selecionados alguns tópicos importantes, que serão utilizados para exemplificar de maneira mais concreta essas práticas, técnicas, metodologias e reflexões que são válidas para o ensino de todas as áreas da física.

Na primeira unidade, abordaremos questões relacionadas ao ensino de física de um modo geral, como a história do ensino de física, os Parâmetros Curriculares Nacionais, o uso de tecnologias no processo de aprendizagem, a importância da experimentação e a interdisciplinaridade do conhecimento. Nas unidades seguintes, muitos dos conceitos introduzidos na primeira unidade serão retomados, utilizando contextos de conteúdos mais específicos: eletromagnetismo na Unidade 2, mecânica de fluidos e termodinâmica na Unidade 3 e mecânica na Unidade 4.

Não se esqueça de que, para aproveitar este curso, é necessário que você participe ativamente do processo de aprendizado, realizando as atividades de autoestudo tanto pré quanto pós-aula no período correto. Como veremos ao longo deste livro, o engajamento do estudante é crucial para o aprendizado.

Bom, feitas as devidas apresentações, vamos começar a jornada?

Ensino de Física

Convite ao estudo

Olá, nesta unidade falaremos sobre diversos tópicos relacionados ao ensino de física, desde a história do ensino dessa disciplina até as novas metodologias de ensino. A proposta desta unidade, além de expor os parâmetros curriculares nacionais e diversos exemplos sobre boas práticas no ensino, é principalmente promover a reflexão sobre essas práticas e sua implementação.

Devemos lembrar que existe uma forte demanda por professores de física no Brasil, ao mesmo tempo que vemos um movimento de transformação da mão de obra brasileira, que se torna mais técnica e especializada, fortalecendo assim a economia. Essa transformação aumenta ainda mais a demanda por professores de física, aumentando também a necessidade de o aluno ser capaz de aplicar os conteúdos aprendidos na melhoria de seu desempenho no trabalho.

Veremos a importância da iniciativa para propor mudanças e tentar melhorar o ambiente que nos cerca, a importância da liderança para promover o engajamento dos estudantes e professores na direção destas melhorias e, de igual forma, a importância da comunicação, para viabilizar as duas habilidades anteriores. Também veremos como o uso de diferentes metodologias nos levam a diferentes resultados, por isso serão expostas diversas práticas para que, com um bom repertório, seja mais fácil escolher aquelas que melhor se adequem a cada situação.

Nesta unidade, você se colocará no lugar de um jovem diretor que deseja melhorar o ensino de física em uma escola,

onde foi recentemente contratado. Para atingir seu objetivo, serão necessários uma pesquisa sobre as experiências históricas e as propostas apresentadas pelos parâmetros curriculares nacionais, um estudo da implementação de novas tecnologias e metodologias, que prometem melhorar o aprendizado por meio de um maior engajamento dos alunos, e a importância da experimentação no processo de aprendizado, bem como um estudo do uso da interdisciplinaridade para que algumas das melhoras obtidas para o ensino de física possam permear as outras disciplinas. Posteriormente, você convidará os professores e coordenadores para um debate aberto sobre as propostas, permitindo a formação de um projeto concreto. Após sua realização, você deve apresentar essas melhorias para os proprietários da escola, assim como os resultados concretos, demonstrando o seu empenho e sua iniciativa.

Para que você possa resolver a situação apresentada, nas próximas seções entenderemos como a física foi ensinada ao longo da história, os parâmetros que seu ensino deve seguir atualmente no Brasil, algumas das diversas metodologias e práticas que estão sendo aplicadas para melhorar o aprendizado dos alunos e promover o engajamento, além do uso da tecnologia como ferramenta didática.

Seção 1.1

Parâmetros Curriculares Nacionais

Diálogo aberto

Após ser nomeado diretor em uma escola, nosso jovem personagem decide que deve fazer algo para melhorar o ensino em sua escola e, assim, decide começar reformulando o ensino de física. Essa escolha não se deve a nenhuma afeição particular pela disciplina, mas sim pela dificuldade que sentia quando era estudante. Essa dificuldade não é apenas sua, dado que o Brasil ficou em 59º lugar no desempenho, em ciências, do PISA de 2012, que é um ranking internacional que compara a qualidade de ensino de 65 países (UOL, 2013). O que dificultava seu aprendizado de física? Será que eram os professores? Seriam os métodos e as aulas monótonas que muitas vezes se resumiam a repetições de exercícios, baseados em substituir valores em fórmulas? E sobre as pessoas que adoram física... o que causaria essa preferência? Seria possível reproduzir as condições que geram essa motivação particular, para estimular os demais estudantes?

Para aplicarmos as mudanças desejadas, devemos primeiro conhecer as orientações que devem ser seguidas. Quais são as orientações dadas pelos parâmetros curriculares nacionais para um curso de física? E pelas diretrizes curriculares nacionais? Como a física foi ensinada no passado e por que mudou? Qual a legislação e a orientação sobre educação inclusiva?

Talvez esta pesquisa inicial seja o primeiro passo para imaginar as mudanças desejadas, além de evitar o desperdício de tempo e energia traçando estratégias que vão contra a legislação vigente, ou que já se mostraram ineficazes.

Começemos descobrindo como a física foi ensinada no passado e como ela deve ser ensinada hoje.

Não pode faltar

O primeiro passo necessário para entender e planejar o ensino de física, seu currículo e metodologias, seria se questionar sobre o que

é esperado de um curso de física e como essa expectativa mudou ao longo da história. Por exemplo, no passado o ensino era muito focado na transmissão de conhecimento do professor para os alunos, enquanto atualmente, o aluno ganha cada vez mais protagonismo no processo de aprendizado, conforme veremos no decorrer desta unidade.



Refleta

Busque em sua memória as disciplinas que você mais aprendia. Elas eram as suas preferidas? Quais as características dessas disciplinas? Como era o seu relacionamento com esses professores? O que você fazia para essas disciplinas que não fazia para as outras? E sobre as matérias que você menos gostava: quais eram as suas características e como era seu relacionamento com os professores?

Existem diversos documentos oficiais nos sites governamentais que dispõem sobre isso, por exemplo, no site do Ministério da Educação, o MEC, é possível encontrar vários documentos, dentre eles:

- As Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9394/96, que visam organizar a educação escolar brasileira de acordo com a constituição, disciplinando seus princípios, fins, atribuições, alvo, origem dos recursos etc.
- As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que são um conjunto de diretrizes cuja criação é prevista pela LDB e que possuem como objetivos sistematizar e esclarecer os princípios e objetivos previstos na LDB. Além disso, visam alinhar a organização curricular;
- Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que têm por objetivo direcionar o planejamento curricular das escolas, através da orientação dos professores e da difusão dos princípios da reforma curricular, para incluir novas abordagens e metodologias.
- Os PCN+ que são orientações complementares ao PCN sem pretensões normativas, que buscam um diálogo mais direto com os atores educacionais sobre os temas tratados no PCN.



Assimile

É necessário ter clara a diferença entre DCNs e PCNs.

As **Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs)** são normas obrigatórias que estabelecem bases curriculares comuns em nível nacional, da educação infantil ao ensino médio. Essas normas visam orientar o planejamento curricular das escolas e sistemas de ensino (municipais, distritais, estaduais e federais).

Os **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)** são referências e sugestões com o intuito de auxiliar as escolas no planejamento de aulas e desenvolvimento de currículos. Os PCNs apresentam conteúdos mais direcionados para as diversas disciplinas, além de possuírem uma linguagem mais objetiva que facilita sua leitura, em comparação às DCNs.

Existem ainda os PCNs+, que são orientações complementares aos PCNs, que visam esclarecer alguns tópicos já abordados nos PCNs.

Uma boa referência para entender o que se espera do ensino de física é o Parâmetro Curricular Nacional para o Ensino Médio, nele podemos encontrar o seguinte trecho:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação.
(BRASIL, 2000a, p. 22)

Esta é uma possível resposta à nossa pergunta: “o que se espera de um curso de física?”. Espera-se que o curso de física embase o aluno com o conhecimento necessário para compreender e interpretar fenômenos naturais. Além disso, o PCN discorre sobre o modo como se espera alcançar esse objetivo, tocando em diversos temas relacionados à prática do ensino de física, apesar de deixar claro que não existem soluções simples e únicas. Dentre os temas discutidos podemos destacar:

- Contextualização do aprendizado à realidade do estudante, que deve ser útil e relacionado ao seu cotidiano. Nunca devendo ser um processo de memorização mecânica baseada em problemas artificiais, cuja única função seja prestar exames de ingresso nos níveis

seguintes da educação;

- Importância da experimentação como meio de assimilação do método científico, que em conjunto com a participação ativa do aluno promove uma cultura de questionamento, verificação e elaboração de estratégias para obtenção de respostas;

- Interdisciplinaridade dos saberes, para recordar que não existe na natureza uma compartimentação de explicações que não se inter-relacionam, que existe uma interseção entre as disciplinas e que conceitos muitas vezes são comuns a várias delas. Ainda, que diversas vezes as barreiras entre os saberes precisam se dissolver para que alguns temas sejam devidamente explicados;

- Percepção dos conteúdos abordados como uma construção histórica, para mostrar que o avanço científico é um processo de acúmulo de conhecimento que está em constante transformação e correção, não sendo fruto acabado originado apenas por mentes brilhantes.



Pesquise mais

Assista a alguns episódios da série televisiva *Cosmos: uma odisseia no espaço-tempo* (COSMOS, 2014), por exemplo, o episódio 10, que fala sobre como o esforço conjunto de grandes nomes levou à formulação do eletromagnetismo clássico. Essa série de 2014, com 13 episódios apresentados por Neil deGrasse Tyson, conta de forma empolgante a história que cerca diversos temas científicos, situando-os em um contexto histórico e, ao mesmo tempo, apresentando o lado humano de grandes cientistas.

Os temas citados acima são coerentes com as três competências relacionadas à ciência, apontadas pelo PCN. São elas:

- Representação e comunicação, onde o aluno consegue compreender e utilizar a linguagem científica, por exemplo, para expressar conceitos e problemas, compreender e utilizar gráficos, conhecer fontes de informação e ser capaz de obter, interpretar e sintetizar informações relevantes de notícias científicas;

- Investigação e compreensão, onde o aluno deve desenvolver sua capacidade investigativa, por exemplo, sendo capaz de estimar, identificar, classificar e medir. Também é esperado que o aluno

desenvolva sua curiosidade científica, seu interesse e capacidade de descobrir como as coisas funcionam e solucionar problemas;

- Contextualização sociocultural, onde o aluno deve reconhecer os aspectos históricos, culturais, políticos e sociais da física. Por exemplo, o aluno deve ser capaz de compreender a evolução do conhecimento científico e da tecnologia; deve reconhecer o papel da física no meio produtivo.

Essas competências indicam que se espera o desenvolvimento de uma cultura científica, que possibilite ao aluno compreender fenômenos e suas relações. Essa nova concepção do processo de aprendizagem espera que o professor incentive a habilidade de questionar e investigar dos alunos, tornando-os cada vez mais autônomos em relação ao conhecimento obtido e ao aprendizado.

Essa nova concepção tenta se distanciar do chamado Modelo Tradicional de Ensino-Aprendizagem, baseado em aulas essencialmente expositivas, sem apelo prático nem experimental e sem espaço para debates. Com esse afastamento, ela se aproxima de modelos mais recentes, dos quais podemos destacar o método de Aprendizagem por Descoberta (que se baseia na participação mais ativa dos estudantes, que devem percorrer o caminho que levou os cientistas a fazerem suas descobertas), o movimento das Concepções Alternativas (que se baseia na interação entre o aluno e o conteúdo estudado, considerando a importância das suas concepções prévias) e o método de Aprendizagem por Mudança Conceitual (que buscava identificar elementos que levassem o aluno a substituir sua concepção prévia pelo conhecimento científico de modo voluntário) (ROSA, C.; ROSA, A., 2012).

Atualmente, acredita-se que seja importante o uso de múltiplas metodologias de modo a evitar as limitações de seu uso individual. Citando Marco M. Moreira:

Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia. (MOREIRA, 2000, p. 95)



Certamente é revigorante ler algo nessa linha, que mostra a existência de uma intenção de modernização do ensino, que possivelmente em breve essas mudanças se farão sentir e então veremos um grande salto na qualidade de ensino.

Falando agora sobre a história do ensino de física no Brasil, vemos que a primeira escola brasileira foi fundada em 1549 e era mantida por missionários jesuítas (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 2). Desde então, a educação brasileira teve uma vocação mais literária que científica e se passaram mais de duzentos anos até que teve início, em 1837, o ensino de física no Brasil. Este se deu no Período Regencial, com a criação do Colégio Imperial Pedro II, e passa efetivamente a integrar os currículos das escolas, ainda que de forma não obrigatória, apenas em 1920. Na década de 1920, a educação ganha relevância no debate nacional e na década de 1930, durante a Era Vargas, sua oferta foi estendida às classes menos favorecidas, que antes não possuíam acesso à educação. Isso ocorreu durante a transição da economia agrária para uma economia industrial, quando a educação passou a ser vista como facilitadora do desenvolvimento econômico nacional.

No entanto, o ensino de física só ganhou relevância no Brasil na década de 1960, dentro do contexto da Guerra Fria e da corrida espacial, que levou os Estados Unidos a buscarem desenvolvimento científico e tecnológico para manter a competição com a União Soviética. Essa busca gerou diversos projetos destinados a melhorar o ensino de ciências – com grande foco na produção de textos e experimentos didáticos, treinamentos de professores e constante atualização do conteúdo ensinado. Os efeitos desta melhoria do ensino se estenderam para todos os países da América Latina, onde muitos países absorveram a ideia de que a ciência era um fator crucial para o desenvolvimento industrial, cultural e científico do país. Com a valorização do ensino de ciências, na década de 1970 surgem os primeiros cursos de pós-graduação em ensino de física no Brasil, disponibilizando assim um espaço para o diálogo entre professores e pesquisadores sobre os rumos da educação desta disciplina, o que foi muito positivo, mesmo que, ainda hoje, esse diálogo esteja bem aquém do desejado (ROSA, C.; ROSA, A., 2012, p. 1-8).



Exemplificando

Um ótimo exemplo de boa prática capaz de melhorar consideravelmente o ensino é a Formação Continuada, que é uma série de cursos de aperfeiçoamento em diversas áreas da educação, voltados para professores. Ela permite a cada professor manter seu processo de qualificação e se manter atualizado sobre as pesquisas recentes na área da educação. Além disso, permite uma reflexão sobre os conteúdos ministrados, debates e práticas propostas após já se possuir experiência na prática do ensino, o que lhe permite olhar com uma ótica diferente daquela anterior a essa experiência. No site do MEC é possível obter mais informações sobre os diferentes programas.

Uma passagem interessante da evolução do nosso ensino de ciências, descrita por Almeida Júnior (1979, p. 12), foi protagonizada por Rui Barbosa em 1882, em seu parecer sobre a reforma do ensino secundário e superior então proposta.

A ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental. Perceber fenômenos, discernir relações, comparar as analogias e dessemelhanças, classificar as realidades e induzir as leis, eis a ciência, eis portanto o alvo que a educação deve ter em mira. Ora, os nossos métodos e os nossos programas tendem precisamente ao contrário [...]. Em vez de educar no estudante os sentidos, incentivá-lo a pensar, a escola e o liceu entre nós ocupam-se exclusivamente em criar e desenvolver nele hábitos mecânicos de decorar e repetir. A ciência e o sopro científico não passam por nós. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 12)



Refleta

O ensino de física no Brasil nos dias de hoje se parece com aquele descrito por Rui Barbosa há mais de cem anos? Reflita sobre o que, em sua opinião, pode ter causado o quadro de inércia da forma de ensinar física no Brasil ao longo de tanto tempo. Como é possível que mesmo conhecendo os problemas do ensino de ciências, tanto tempo tenha passado sem que se tenha sido resolvido isso definitivamente?

Um trecho do próprio PCN é bastante esclarecedor a esse respeito:



O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciando do mundo vivido pelos alunos e não só, mas também por isso, vazios de significado. [...] Esse quadro não decorre unicamente do despreparo dos professores, nem de limitações impostas pelas condições escolares deficientes. Expressa, ao contrário, uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente introjetada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural. (BRASIL, 2000a, p. 22).

Como podemos ver no trecho acima, apenas saber o que está impedindo a melhora do sistema de ensino de física não é suficiente, é necessário romper com uma cadeia de transmissão de uma cultura que parece ter parado no tempo. O texto não descarta a influência do despreparo dos professores nem das condições escolares deficientes, mas põe em destaque a questão cultural que impede a mudança mesmo quando os outros pré-requisitos são satisfeitos, tais como recursos, preparação dos docentes e mesmo vontade de mudar.

Mudanças exigem empenho e muitas vezes mais trabalho do que o esperado inicialmente, mas certamente isso é recompensado pela melhora proporcionada. Talvez essa melhora não ocorra imediatamente, talvez uma proposta que seja muito boa tenha implementação complicada, ou uma ótima melhoria pode falhar se for inadequada para o contexto específico onde se tentou colocá-la em prática.

Essas possibilidades nos lembram que toda tentativa de mudança exige além de empenho, debate. O debate serve, dentre muitas coisas, para amadurecer as ideias, para reduzir resistências e mesmo para conhecer as propostas dos outros atores da escola, além de posicionar seus integrantes de um modo muito mais ativo e engajado na busca e transmissão da mudança desejada.



Pesquise mais

Leia os documentos oficiais sobre educação, como os PCNs e a DCN. Disponíveis em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12598;publicacoes>>. Acesso em: 10 nov. 2016. A DCN e a

LDB estão contidas na parte de Bases Legais do PCN.

É o conhecimento desses documentos que permite você debater suas propostas educacionais com embasamento e alinhamento com as diretrizes propostas. Sem conhecer e debater as diretrizes oficiais para educação, é muito provável que você não consiga fazer propostas de melhorias, se tornando um mero executor do plano educacional de outra pessoa, simplesmente repetindo o currículo, o método e todo o resto.

Outro aspecto das leis atuais sobre educação é a orientação sobre educação inclusiva, que declara que pessoas com deficiência não podem ser excluídas do sistema educacional geral, cujo acesso é um direito de todos. Essa orientação também se baseia no fato de que este acesso torna a escola um ambiente mais heterogêneo e dinâmico, que ao acomodar todas as crianças, inclusive aquelas com deficiências ou superdotação, se faz a constituição de um meio eficaz de combate a atitudes discriminatórias. Para garantir que essa inclusão se cumpra, existe a Lei nº 12764/2012, que proíbe a recusa de matrícula a portadores de deficiências, estabelecendo punição à autoridade escolar que pratique esse ato discriminatório (BRASIL, 2007, p. 6). O artigo 59 da LDB também declara que os sistemas de ensino devem assegurar aos estudantes recursos e métodos específicos para atender suas necessidades, seja a conclusão específica para quem não atinge o nível exigido para o ensino fundamental, devido às suas deficiências, assim como a aceleração da conclusão do programa escolar para os superdotados.

Dentre as ações previstas como responsabilidade dos sistemas educacionais em relação à organização da educação inclusiva, podemos citar como exemplos o ensino de linguagens e códigos específicos de comunicação e sinalização, a atuação de profissionais com conhecimentos específicos em Língua Brasileira de Sinais e/ou Braille, atividades de orientação sobre mobilidade e atividades para uma vida mais autônoma, adequação e produção de materiais didáticos, além da utilização de tecnologia assistiva. Além disso, os sistemas de ensino devem assegurar a acessibilidade aos seus espaços eliminando ao máximo as barreiras, sejam elas arquitetônicas, de uso de equipamentos, de transporte escolar e mesmo na sinalização de informações. Com o intuito de auxiliar na preparação dos agentes

escolares no contexto da educação inclusiva, o Ministério da Educação disponibiliza textos e material audiovisual em um projeto chamado Escola Viva, disponíveis em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/192-secretarias-112877938/seesp-esducacao-especial-2091755988/12658-projeto-escola-viva?Itemid=860>>. Acesso em: 23 out. 2016.

Quando falamos em educação inclusiva, muitas vezes devemos repensar a forma de ensinar. Uma grande dificuldade é enfrentada quando tentamos ensinar física para deficientes visuais. Basta reparar o quanto recorreremos a diagramas e desenhos para estudar física. Logo surge a pergunta: como poderíamos explicar conceitos físicos para pessoas com deficiência visual? O artigo de Cozendey, Costa e Pessanha (2011) apresenta uma revisão a respeito de publicações sobre ensino de física para deficientes visuais, como a disponibilização de mapas celestes táteis, de maquetes para representar redes cristalinas e o acompanhamento, pela audição, da aceleração gravitacional de corpos em queda.



Exemplificando

Um exemplo de atividade proposta dentro do projeto Escola Viva (BRASIL, 2005) que pode auxiliar na sensibilização dos integrantes da escola, desde alunos até coordenadores, é a elaboração de atividades que simulam deficiências. Algumas atividades são propostas na cartilha Sensibilização e Convivência, disponível no site do projeto, e têm como principal objetivo promover a compreensão das dificuldades enfrentadas por portadores de deficiências através da simulação de algumas delas, por exemplo, a utilização de revistas coladas ao redor dos joelhos com fita-crepe, dificultando a locomoção.



Pesquise mais

Um filme que trata sobre a inclusão de diferenças no ambiente escolar e a habitual resistência inicial à diferença é *Uma Lição de Vida* (2010). Esse filme conta a história de um senhor de 84 anos que deseja ser alfabetizado em uma escola próxima à sua casa. Devido à sua idade, ocorre muita resistência à sua aceitação na escola, porém, com o tempo, notam-se os benefícios trazidos por sua presença.

Como podemos ver, o foco da educação mudou: se antes o método desejável era a memorização para obter sucesso em exames, agora espera-se que o aluno busque e construa seu próprio

conhecimento e seja capaz de identificar, no seu cotidiano, as situações onde seja possível utilizá-lo; que ele compreenda, desde o início, a utilidade e aplicação daquele conteúdo e que ele seja capaz de utilizar esse conhecimento na resolução de problemas reais do seu cotidiano, os quais não possuirão um enunciado para induzir à solução a ser utilizada. É um aprendizado sobre como e por que aprender, ao invés de aprender apenas “por aprender” e mostrar que aprendeu.

Sem medo de errar

O primeiro passo tomado pelo jovem diretor foi estudar os documentos legais que norteiam o ensino, com foco no ensino de física. Após a leitura do PCN ele começa a compreender o tipo de melhoria que ele gostaria de realizar em sua escola e está convencido de que, para melhorar o aprendizado, um dos pontos fundamentais seria trazer o conteúdo ensinado para a realidade do aluno. Como bem enunciado por Elio Carlos Ricardo (RICARDO, 2003, p. 2): é pensar no “para que ensinar Física?” Ao invés de apenas “o que ensinar em Física?”, ou seja, é fazer com que o conteúdo abordado seja relevante para o aluno, não sendo apenas um aglomerado de temas que serão verificados em um exame posterior.

Após essa leitura inicial, ele se volta para um estudo histórico sobre a forma que a física foi ensinada no Brasil, para compreender essas orientações dentro do contexto do momento histórico do país, além das transformações que o ensino teria sofrido ao longo do tempo. A leitura do trecho do parecer sobre a reforma do ensino secundário e superior de Rui Barbosa (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 12) o deixa um tanto desanimado. Como é possível que, mesmo conhecendo os problemas e possuindo direções para tentar promover melhorias, nada tenha sido feito? Ao mesmo tempo, isso aumenta sua certeza de que suas propostas são um bom caminho para a melhora e isso o motiva a prosseguir nas reformas que lhe parecem tão necessárias e urgentes.

O diretor percebe então que, para promover as reformas, é necessário reorganizar a forma de ensinar vigente e que elas precisam ser fruto da colaboração de todos os integrantes da escola. Afinal, se as reformas precisam ser decorrentes de uma mudança cultural,

não adiantando apenas que as instruções sejam dadas, os agentes escolares precisam se sentir parte integrante desta nova cultura.

Ele decide, então, que a melhor forma de conseguir a contribuição de todos é envolvê-los ativamente no processo de planejamento, em um paralelo à mudança no ensino que quer promover, utilizando o engajamento dos alunos e tornando-os parte mais ativa do processo de ensino. O diretor convida todos os professores e coordenadores a exporem suas ideias e sugestões, reparando que diversas das propostas feitas por eles vão ao encontro das que ele já havia pensado para as reformas e que, possivelmente, essas mudanças já teriam sido aplicadas caso os professores se sentissem à vontade para sugerir-las, o que reforça sua ideia de que o problema poderia ser um ambiente resistente às mudanças.

Uma das professoras com quem conversou lhe contou que está estudando educação inclusiva, em um curso no programa de educação continuada que ela frequenta, e sugere que algumas iniciativas sejam tomadas nesta direção. Uma vez que a escola possui a responsabilidade de acolher estudantes com necessidades especiais, caso seja requisitada, ela sugere que algumas medidas sejam tomadas o mais rápido possível. Alterações para a acessibilidade como a instalação de rampas e adaptação de banheiros seriam modificações de fácil implementação e com grande impacto positivo. Outra sugestão dada pela professora foi a de convidar um especialista para conversar com os professores, falando sobre a importância da educação inclusiva e seus aspectos legais. O diretor percebe, então, que sua escola não apresenta condições básicas para receber alunos com necessidades especiais e que ele teria problemas para acolhê-los. Decide, assim, incluir as sugestões da professora em suas melhorias.

Após algumas discussões, o diretor e os professores decidem abordar inicialmente as seguintes frentes de melhorias:

- Revisar o currículo de física, focando a inclusão de temas com grande potencial de contextualização, por exemplo: o funcionamento de equipamentos eletrônicos simples;
- Pesquisar experimentos de baixíssimo custo ou que envolvam materiais de fácil obtenção, para que todos os alunos possam realizá-los tanto em casa quanto em sala de aula, sob a supervisão dos professores;

- Promover duas atividades extraclasse com os alunos ainda no primeiro semestre: a primeira, envolvendo alunos do primeiro ano do ensino médio, será uma visita ao observatório local para estimular a curiosidade e promover o contato com equipamentos de medição mais sofisticados. A segunda atividade, envolvendo alunos do segundo ano do ensino médio, terá como foco promover a interdisciplinaridade utilizando o contato entre a física e a química num contexto gastronômico;

- Reformas de acessibilidade, como: rampas de acesso, corrimãos e adaptação de banheiros. Além disso, convidar um especialista para conscientizar os professores e auxiliar com propostas para esta frente de melhoria.

Ao fim dessas atividades, o diretor pretende conversar com professores e alunos para obter informações sobre a percepção deles, a respeito das atividades realizadas e sua eficácia. Ele pretende, ainda, reunir estas informações e apresentá-las aos proprietários da escola, com o objetivo de demonstrar resultados do seu trabalho e então solicitar recursos para implementar outras reformas no contexto das políticas de inclusão.

Avançando na prática

Escola tradicional e resistência à mudança

Descrição da situação-problema

Um professor de física é contratado por uma escola de ensino muito tradicional, baseado apenas em aulas expositivas e fortemente focado nos exames vestibulares, onde atividades experimentais desenvolvidas pelos alunos não eram previstas; no máximo, os alunos observam quando alguns experimentos são realizados por professores. Este professor propõe algumas mudanças nesse método para que, ao invés de assistir aos experimentos, os alunos realizassem atividades experimentais.

O diretor, apesar de gostar da ideia, se sente desconfortável em mudar um modo de fazer mantido por tanto tempo que, em sua opinião, está funcionando, uma vez que as taxas de aprovação nos vestibulares são boas. Além disso, ele acha a proposta pouco

estruturada, sem evidências de que surtirá algum efeito positivo. Ele inicialmente oferece resistência à proposta.

Resolução da situação-problema

Após diversas conversas com o diretor, que sempre apresentava resistência afirmando que o método atual funciona e oferece boas taxas de aprovação nos vestibulares, o professor decide conversar com os alunos. Propõe-lhes uma atividade extra, na qual eles deveriam pesquisar experimentos relacionados aos temas vistos em sala de aula e apresentar em uma feira de ciências na própria escola, sempre contando com sua ajuda para sugerir temas e mesmo na montagem de alguns experimentos. O professor, sempre argumentando sobre a melhora no ensino proporcionada pelo engajamento dos alunos e pela educação ativa, inclusive citando estudos e trechos dos PCNs, solicita ao diretor o uso do espaço para realização dessas atividades e o convida para prestigiar o envolvimento e esforço dos alunos.

O diretor aceita, uma vez que a atividade não teria impacto nos horários habituais de aula e, ao comparecer nas apresentações, ele se convence de que foi uma boa ideia, uma vez que os alunos pareciam empolgados com o trabalho realizado. Este, ia desde carrinhos movidos com elásticos a um vulcão que expelia “lava” com gelo seco. Após o término da atividade, o diretor parabeniza o professor pelo bom trabalho e oferece mais suporte para atividades experimentais em sala de aula.

Faça valer a pena

1.



O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciando do mundo vivido pelos alunos e não só, mas também por isso, vazios de significado. [...] Esse quadro não decorre unicamente do despreparo dos professores, nem de limitações impostas pelas condições escolares deficientes. Expressa, ao contrário, uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente introjetada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural. (BRASIL, 2000, p. 22)

O Parâmetro Curricular Nacional discorre sobre algumas das dificuldades encontradas para conduzir as mudanças necessárias no ensino, abrindo caminho para que as sugestões do documento sejam implementadas. Segundo o PCN, o impedimento destas mudanças é causado por:

- a) Exclusivamente pelo despreparo dos professores.
- b) Exclusivamente pela estrutura escolar deficiente.
- c) Não possui causa alguma.
- d) Exclusivamente por uma deformação estrutural que é introjetada nos participantes do sistema de ensino.
- e) Não apenas por despreparo de professores e estrutura escolar deficiente, mas também por uma deformação estrutural que é introjetada nos participantes do sistema de ensino.

2.

[...], por exemplo, identificar diferentes imagens óticas, desde fotografias a imagens de vídeos, classificando-as segundo sua função; identificar movimentos presentes no dia-a-dia segundo suas características, diferentes materiais segundo suas propriedades térmicas, elétricas, óticas ou mecânicas. (BRASIL, 2000b, p.24)



Qual das características desejadas para o ensino de física é melhor reconhecida no trecho acima?

- a) Contextualização histórica.
- b) Interdisciplinaridade.
- c) Experimentação.
- d) Contextualização do conteúdo.
- e) Formação continuada.

3. Desde a fundação da primeira escola no Brasil, em 1549, ao processo de valorização do ensino de ciências, incluindo a física, por volta de 1960, se passaram mais de 400 anos. Apenas nesse período, ocorreu um aumento na preocupação sobre como a física era ensinada.

Em que contexto histórico ocorreu a valorização do ensino de ciências no Brasil, mencionada pelo texto acima?

- a) Expulsão dos jesuítas do território brasileiro.
- b) Corrida tecnológica e científica observada durante a Guerra Fria.
- c) Processo de industrialização da economia brasileira.
- d) Fundação do Colégio Pedro II.
- e) Proclamação da República.

Seção 1.2

Estimular o interesse na Física

Diálogo aberto

Na seção anterior, tivemos um amplo panorama do ensino de física em termos de sua história, dos parâmetros curriculares nacionais e de boas práticas em sala de aula. Agora, avançaremos, verificando o importante papel da curiosidade e da contextualização dos conteúdos na aprendizagem.

A contextualização permite aproximar os conteúdos da realidade do estudante e, com isso, permitir que ele veja a utilidade daquele conhecimento desde o momento do aprendizado, além de reconhecer oportunidades de uso para estes saberes no seu dia a dia.

A curiosidade do aluno age como facilitadora e promotora do aprendizado. Normalmente, as pessoas aprendem melhor quando sentem curiosidade sobre um determinado assunto. Isso as motiva a buscar respostas, a refletir sobre as soluções obtidas e, conseqüentemente, melhora a retenção de informações, além de aprofundar a relação com o objeto de estudo.

Em nossa história, um jovem diretor foi contratado em uma escola, decidindo reformar o ensino de física naquela escola. Após algumas reuniões, ele e os professores decidem começar com três ações: em primeiro lugar, uma reformulação do ensino de física com foco na contextualização do conteúdo. Em segundo lugar, aumentar a utilização de experimentos didáticos. Em terceiro lugar, a realização de duas atividades extraclasse: uma com alunos do primeiro ano e outra com alunos do segundo ano. Agora, essas decisões precisam ser viabilizadas e concretizadas.

Desde a seção anterior temos uma ideia do modo esperado para se ensinar física. Mas como implementar? Como estimular a curiosidade? Como abordar a contextualização, se cada aluno possui uma realidade distinta? E a experimentação... não é muito dispendiosa?

Começemos agora a desdobrar e elaborar melhor nosso plano de ação.

Não pode faltar

A relação entre o professor e o aluno é de extrema importância, influenciando muito o desenvolvimento do interesse pela disciplina por parte do aluno. O professor deve se lembrar da sua responsabilidade, principalmente com relação ao planejamento e preparação das aulas, mas não deve se colocar como uma fonte inesgotável de conhecimento, como se estivesse em uma categoria superior aos alunos e que sua função fosse apenas transmitir os conhecimentos que possui, de modo inquestionável.

O papel do professor deveria ser o de um mediador e facilitador do processo de aprendizagem, cabendo a ele selecionar temas a serem discutidos, mediando esta discussão com os alunos, não apenas, meramente, resumindo sua aula a uma exposição do conhecimento de um modo unidirecional; deveria haver um diálogo com perguntas e argumentações, tanto do lado do professor quanto dos alunos.

Existem diversas formas possíveis para que o professor atraia a atenção e a participação do aluno, de modo a viabilizar esse diálogo. Dentre elas, podemos citar o estímulo à curiosidade, a contextualização entre os conteúdos abordados e o cotidiano dos alunos, além da utilização de atividades experimentais. Essas formas são abordadas nos PCNs e são utilizadas como as principais maneiras de motivação dos alunos.



Refleta

Lembra-se da última vez em que algum fenômeno o deixou curioso? Ficou pensando a respeito de possíveis explicações ou procurou a resposta na internet? Como foi o seu comportamento até obter a resposta? Você se sentia impelido a procurar pelas respostas? Você se lembra dessas respostas? E da sensação de saciar a curiosidade?

A curiosidade tem grande potencial para tornar o aprendizado mais eficaz e recompensador, devendo ser estimulada e não reprimida por um professor. Reprimir uma dúvida genuína, seja por insegurança ou mesmo por julgar a questão irrelevante, pode causar constrangimento ao aluno, levando-o a ter vergonha de expressar suas dúvidas, o que prejudica tanto o aprendizado dele quanto o trabalho dos seus professores, que terão maiores problemas para compreender as suas dificuldades.

Ao contrário de reprimido, o ato de perguntar deve ser estimulado e praticado também pelos professores. Ao invés de oferecer conhecimentos pré-acabados, é muito mais eficaz para o aprendizado construí-los juntamente com os alunos e, para isso, nada melhor que oferecer algumas questões inicialmente sem suas respostas, depois conduzindo um debate ao redor delas. A capacidade de fazer perguntas demonstra interesse e que o estudante dedicou alguma reflexão ao tópico em questão, levando à identificação de um ponto não compreendido, ou mesmo que não parece fazer sentido junto ao todo, e à formulação da dúvida.

É de conhecimento geral que a curiosidade é um forte motivador. Isso foi averiguado por um estudo científico, que observou os diversos aspectos da relação entre a curiosidade e o aprendizado. Este estudo mostrou que indivíduos que tiveram a curiosidade despertada por meio de simples perguntas apresentaram maior facilidade de lembrar informações, além de maior motivação no aprendizado (STENGER, 2016). Este mesmo estudo observou, por meio de ressonâncias magnéticas, que quando a curiosidade dos alunos era despertada, regiões do cérebro relacionadas ao sistema de recompensas e à sensação de prazer eram ativadas, o que tornaria o aprendizado uma ação prazerosa nesse contexto. Sendo assim, o estímulo à curiosidade pode ser fundamental para tornar o aprendizado algo prazeroso e não apenas mais uma obrigação a ser cumprida, além de auxiliar na retenção do conhecimento obtido.

Dentro desse contexto, diversas ações podem ser utilizadas para despertar a curiosidade dos alunos como o uso de questões pré-aula, respondidas antes das aulas sobre o tema e cujas respostas deverão ser discutidas em sala de aula. Pode-se ainda iniciar a aula com algumas perguntas introdutórias, para fazer os alunos refletirem sobre o conteúdo que será estudado, dar a oportunidade para que os alunos tentem respondê-las e então conduzir um debate sobre as respostas.

O debate durante as aulas é muito importante, basta lembrar que uma das competências esperadas que o aluno desenvolva é a capacidade de comunicação científica. Além disso, o debate retoma a questão do protagonismo do aluno no seu processo de aprendizagem, tirando-o da posição de ouvinte.

Outra forma de despertar interesse e participação do aluno é a contextualização dos conteúdos abordados, associando-os ao seu cotidiano. Essa medida somada a um estímulo da curiosidade pode levar o aluno ao desejável quadro no qual ele reconhece, no seu cotidiano, questões relacionadas aos conteúdos. Isso o tornaria capaz de analisar objetivamente e formular explicações para fatos observados, baseando-se nos conhecimentos obtidos em aula, ou mesmo de reconhecer os limites do seu conhecimento, o que poderia levá-lo a trazer perguntas para discutir com o professor ou, o mais provável, atualmente, pesquisar a respeito na internet. As capacidades de associar conteúdos e de buscar informações são fortemente desejáveis hoje em dia, onde a disponibilidade de informação é gigantesca, mas poucas pessoas realmente usufruem desta disponibilidade. Além disso, é necessária uma habilidade de análise crítica e objetiva das informações obtidas, por exemplo, cruzando-as com informações de outras fontes, para poder discernir entre aquelas de fontes confiáveis e aquelas que não são confiáveis.



Exemplificando

Um bom exemplo desta disponibilidade de informação em fontes confiáveis são as plataformas de ensino online, como o Coursera (COURSEERA, 2016) e o edX (EDX, 2016). Estas plataformas disponibilizam cursos gratuitos, muitos com áudio ou legendas em português, sobre os mais diversos temas, que muitas vezes são oferecidos por pesquisadores mundialmente renomados, associados a universidades de prestígio internacional, como o MIT, Harvard e Stanford. Além disso, oferecem a oportunidade de rever conteúdos sob o ponto de vista de outros professores, algo que seria muito mais complicado no contexto da educação presencial, devido a diversas razões como a proximidade e gratuidade de outros estabelecimentos de ensino ou conflito de horários.

Uma forma possível de abordar a questão da contextualização de conteúdos com o cotidiano do aluno seria o uso de notícias como fonte de discussão, que podem ser desde as possíveis causas de um incêndio até as dificuldades encontradas para aterrissar uma nave em Marte. Ou ainda, seria possível utilizar notícias sobre avanços tecnológicos para discutir o funcionamento de aparelhos, e como esses avanços trazem benefícios. Outra possibilidade seria propor que os alunos trouxessem algumas questões relacionadas a dúvidas do seu próprio cotidiano e debatê-las, ou utilizá-las como exemplos ao abordar os conteúdos relacionados.



Existem diversos blogs de divulgação científica de grande utilidade para professores de física. Você poderia ler alguns artigos do blog *Física Fascinante* (FARIAS, 2016). Esse blog é mantido por um professor de física para ensino médio de Fortaleza, que percebeu o potencial da internet para educação ao reconhecer o interesse de seus alunos pelas redes sociais, além do potencial destas como ferramenta para se aproximar dos alunos. O blog reúne notícias relacionadas a ciências de diversas fontes. Essas notícias são muito variadas: vão desde o surgimento de um novo tipo de computador até uma discussão sobre o que aconteceria com o corpo de uma pessoa morta no espaço.

Outro blog interessante é o *Física na Veia!* Mantido pelo professor Dulcídio Braz Júnior.

Outra grande ferramenta para o aprendizado, muito relacionada à curiosidade, é a experimentação. A experimentação, que pode ser:

- **Demonstrativa** – onde um experimento realizado pelo professor pode ser utilizado para promover um debate ao redor dos resultados observados. Por exemplo, ao se mostrar que um objeto de vidro pode se tornar invisível dentro de um recipiente também de vidro preenchido com glicerina, devido à combinação da proximidade dos seus índices de refração e do tamanho dos recipientes, como é melhor explicado em Silva e Laburu (2004);
- **Exploratória** – onde os alunos poderiam explorar os efeitos da variação de condições em esquemas experimentais flexíveis. Por exemplo, para estudar características possíveis de colisões é possível explorar diversos tipos de colisão com bolas de sinuca. Ao mudar o ponto de contato entre uma bola incidente e uma parada é possível alterar o ângulo de saída da bola em repouso;
- **Investigativa** – onde uma situação é proposta e os alunos devem propor e executar experimentos que possam ajudar a obter a resposta. Por exemplo, ao estudar a força que um ímã pode exercer em objetos metálicos, seria possível perguntar aos alunos qual de dois ímãs apresentados é o mais potente e permitir que eles proponham suas próprias soluções. Os alunos poderiam, por exemplo, contar a quantidade máxima de pregos suspensos por cada ímã, comparando a força magnética com o peso sustentado. Eles também poderiam

propor que, ao aproximar lentamente cada ímã de um prego, a distância mínima que cada ímã precisa para mover o mesmo prego poderia ser medida, pensando, neste caso, que a força cai com a distância, além de comparar esta força com a força necessária para vencer o atrito do prego com a superfície.

Todos esses modos de utilizar a experimentação são benéficos para o aprendizado e podem ser incluídos nos conteúdos onde se mostrem apropriados, no entanto, quanto maior a participação do aluno maior é o benefício para o aprendizado.



Assimile

Estimular a curiosidade do aluno é de grande importância no processo de aprendizado, pois torna a retenção de conhecimento mais eficaz e o processo de aprendizagem mais prazeroso.

É possível estimular a curiosidade através de simples perguntas interessantes, ou da contextualização de temas com seu cotidiano (por exemplo, quando o conhecimento é utilizado para explicar alguma notícia ou fenômeno cotidiano), ou ainda, através da experimentação (por exemplo, quando um resultado intrigante é mostrado com o intuito de promover debate).

Um tema que possui grande potencial para utilizar tudo o que foi dito até então seria a Óptica (que estuda a luz visível e seus processos de propagação, como a reflexão ou a refração) e também a Ondulatória (que busca estudar processos ondulatórios, como ondas sonoras, propagação de ondas em cordas ou mesmo as ondas de luz). Este tema é muito relacionado com nossos sentidos e como percebemos o mundo ao nosso redor, portanto presente no cotidiano de todos. A óptica está presente na nossa visão, naquilo que enxergamos e como enxergamos; quando tiramos fotos, quando observamos espelhos e entre vários outros fenômenos cotidianos. Além disso, este tema possui inúmeros experimentos de baixíssimo custo e com resultados intrigantes, como a distorção da imagem de um corpo parcialmente imerso em água ou a formação de um arco-íris nas gotículas de água em suspensão, após o jato de uma mangueira atingir uma parede.



Exemplificando

Um bom exemplo desta capacidade de contextualização utilizando experimentos de baixo custo é proposto no artigo *O azul do céu e o*

vermelho do pôr do sol (ROCHA et al., 2010), onde, utilizando água e leite desnatado em uma cuba de vidro, os autores propõem um modo de simular o espalhamento da luz por pequenas moléculas presentes na atmosfera terrestre, reproduzindo as cores do céu; tanto o azul quanto o avermelhado característico do pôr do sol. Ainda sobre este tema, podemos citar um artigo da revista *Ciência Hoje* (REIS NETO, 2016) que discute a cor do céu em diversos planetas, que pode ser útil para promover debate e estimular a curiosidade dos alunos, ao pensar em como seria o céu em outros lugares. A exemplo disso, as fotografias tiradas por astronautas na Lua, onde a atmosfera é muito rarefeita e, mesmo o céu diurno, é escuro.

A ondulatória pode ser fortemente relacionada com a óptica e também ser utilizada para explorar outro sentido, a audição, com o uso de instrumentos de corda, por exemplo. Além disso, também permite a visualização de aspectos gerais relacionados às ondas e sua propagação de modo mais econômico do que sua observação em fenômenos ópticos, ao se observar a propagação de ondas em superfícies líquidas ou mesmo em cordas vibrantes. Esse tema permite ainda uma ampla conexão com outros conteúdos, como o estudo do movimento de pêndulos ou ao construir-se um alto-falante.



Pesquise mais

O artigo publicado por Ribeiro e Verdeaux (2012) apresenta uma revisão em publicações sobre óptica com aplicações ao ensino de física, além de reunir uma ampla bibliografia sobre o tema.

Outra fonte interessante para experimentos, que podem ser reproduzidos em sala de aula, é o canal do Youtube chamado *Manual do Mundo* (2016) que possui mais de seis milhões de seguidores e disponibiliza inúmeros vídeos explicativos sobre experimentos, muitas vezes apresentando a evolução da realização dos experimentos, discutindo as melhorias a cada ponto.



Reflita

Ao olhar para o céu estrelado, você já se perguntou sobre as possibilidades de cores e formas dos astros que vemos no céu noturno? São todos esbranquiçados ou azulados? São todos redondos ou pontuais? Ou isto seria apenas um efeito da distância? Você já foi a algum observatório astronômico e viu o céu através dos telescópios?

Outro tema com grande apelo experimental é Astronomia. Desde sempre, o ser humano olhou para o céu e encontrou as mais variadas explicações para existência dos astros, seu movimento e sua composição. Os astros sempre foram de grande importância, devido à sua utilidade como marcadores de tempo. Eram eles que sinalizavam o período de plantar e de colher, devido a sua relação com as estações do ano, mesmo quando esse conceito ainda não era completamente compreendido. Cada mitologia ofereceu sua forma de explicar os astros e seus movimentos.

Até que, Galileu Galilei, utilizando um telescópio relativamente simples que ele mesmo aprimorou e motivado por sua grande curiosidade de explicar fenômenos naturais, descreveu a Lua como algo cheio de crateras e relevo semelhante ao da Terra. Também, descreveu as fases de Vênus, que eram semelhantes às fases lunares vistas na Terra; descreveu as manchas solares, as órbitas das luas de Júpiter, dentre outras observações (OLIVIERI, 2016).

Suas descobertas puseram algumas das hipóteses da época, sobre os astros, em sérios apuros, pois as previsões não eram confirmadas pelas observações, levando à descrença da sua veracidade. Conhecimentos tidos como corretos por milhares de anos foram então contestados, revisados, defendidos e questionados, tudo isso devido ao ato de realizar observações para validar o conhecimento e questioná-lo, caso não haja acordo, buscando explicações mais condizentes com os resultados observados. Desde então, a verificação experimental do conhecimento ganhou relevância gradualmente, passando a ser uma prática cada vez mais importante, que hoje compõe um dos pilares do nosso método científico.

Mesmo recentemente, os dados obtidos do Universo, novamente, colocaram em forte descrença aquilo que acreditávamos saber sobre ele. O conjunto de dados obtidos por diversos cientistas, ao longo do último século, nos mostrou que existe uma quantidade de matéria e energia que não sabemos exatamente o que é, mas apenas vemos seus efeitos no Universo, que observamos e chamamos de Matéria Escura e Energia Escura. Descobrir o que são esta matéria e esta energia são um dos maiores desafios da física atual e, seguramente, é um ótimo lembrete de que nunca devemos acreditar que sabemos tudo. Os dados e o método científico têm sido muito eficientes em

mostrar que ainda existe muito para estudar, questionar e buscar explicações.

Ainda hoje, é possível se surpreender ao ir a um observatório astronômico. Por exemplo, sabemos que Vênus, como um planeta que reflete a luz solar, deve ter fases semelhantes às lunares, mas nunca nos perguntamos a respeito disso. Ver estas fases em um telescópio ainda tem o seu valor de "descoberta". Ou mesmo, ver a Via Láctea no céu a olho nu, algo tão difícil nas cidades tão iluminadas e poluídas, também possui seu efeito. Em ambos os casos, essas observações simples possuem grande impacto no aprendizado, pela sua beleza, pela importância histórica ou simplesmente pela visualização de algo que normalmente habita apenas nossa imaginação, devido às descrições de livros e fotografias.



Refleta

Olhar para as estrelas do céu noturno e para o Universo sempre nos lembra o quanto somos insignificantes em escala cósmica. Para começar, existem bilhões de estrelas semelhantes ao Sol apenas na nossa galáxia (a Via Láctea), e existem centenas de bilhões de galáxias! Muitas estrelas possuem planetas ao seu redor, assim como o nosso Sol. Este dado já deveria ser suficiente para nos lembrar o quanto nosso Sol, nosso planeta e, conseqüentemente, nós mesmos, somos pequenos. Ou podemos observar este mesmo efeito em escala de tempo. Nosso Universo tem cerca de 13 bilhões de anos, enquanto a idade estimada do planeta Terra é de 4 bilhões. As primeiras cidades construídas pela humanidade surgiram cerca de 10 mil anos atrás. Ou seja, da nossa primeira cidade até os dias de hoje, nossa civilização não testemunhou mais que um milionésimo da história do Universo.

Isto não é impressionante?



Pesquise mais

É possível construir uma luneta semelhante àquela utilizada por Galileu Galilei, utilizando materiais comuns e de baixo custo, conforme mostra este artigo da revista *Galileu*.

BRITO, J P.; SARMENTO J. Monte sua própria luneta astronômica com apenas R\$ 60. **Revista Galileu**. 20 fev. 2015. Disponível em <<http://revistagalileu.globo.com/Multimedia/Infograficos/noticia/2015/02/luneta.html>>. Acesso em: 28 out. 2016.

Acabamos de ver a importância do método científico, dos dados e do questionamento na evolução da ciência. Por que não utilizar este método também no ensino de física? A prática experimental oferece grandes benefícios ao aprendizado de física e à formação de uma cultura científica. Além do estímulo à curiosidade, ela representa um excelente modo de promover uma cultura de questionamento e análise de modelos e informações oferecidas. O aluno não deve aceitar passivamente tudo que lhe é dito, afinal, deste modo, ele nunca vai buscar explicar os fenômenos, analisar a própria realidade ou mesmo refletir sobre as notícias que lê, fato que não é desejado.

O professor deve ser um guia e facilitador do aprendizado, por exemplo, mostrando que experimentos podem revelar informações antes desconhecidas. Deve mostrar que experimentos também podem ser utilizados para verificar e refutar informações. O estudante deve ser encorajado a questionar e oferecer soluções, a descobrir que os valores das constantes fundamentais podem ser medidos ou calculados. O aluno também deve ser introduzido à noção de erro estatístico e entender como medidas podem variar dentro dos limites aceitáveis.

Sem medo de errar

Voltamos à nossa história. Após algumas reuniões, o jovem diretor e os professores decidem começar com três ações: em primeiro lugar, uma reformulação do ensino de física com foco na contextualização do conteúdo. Em segundo lugar, aumentar a utilização de experimentos didáticos. Em terceiro lugar, a realização de duas atividades extraclasse: uma com alunos do primeiro ano e outra com alunos do segundo ano.

Também ficou acordada uma maior realização de experimentos, de preferência propostos e realizados pelos alunos, durante a apresentação dos conteúdos. O uso destes experimentos tem diversas funções, que vão desde promover engajamento e tornar o papel do aluno mais ativo no seu processo de aprendizagem, até estimular a curiosidade e propor situações onde os alunos devem expor conhecimentos construídos por eles sem a presença de um enunciado, que induz à resposta.

De modo a unificar todas essas ações, uma visita ao observatório

local foi planejada, com o intuito de promover uma aproximação da ciência com a realidade dos alunos do primeiro ano do ensino médio, e mostrar o quanto ela pode ser divertida, além de permitir que eles vejam o tão rotineiro céu de outro modo, com o auxílio dos instrumentos disponíveis.

Eles começaram pela contextualização do conteúdo ensinado em sala de aula com o cotidiano do estudante. O primeiro ponto do cronograma das reformas era uma revisão dos conteúdos, de modo a incluir tópicos onde a contextualização com o cotidiano dos alunos seria mais fácil. No entanto, ao revisarem o currículo planejado para física, os professores julgaram que não eram necessárias mudanças nos conteúdos, e sim, na forma de apresentá-los.

A proposta de usar notícias foi feita por um dos professores e muito bem recebida. Eles então combinaram de buscar notícias recentes em jornais e revistas que pudessem ser associadas aos temas lecionados, de modo a relacionar o tema à discussão daquela notícia, portanto, aumentando a relação com o cotidiano do estudante. Além disso, procuraram perguntas de leitores em revistas de divulgação científica.

Outra mudança na forma de apresentar os conteúdos adotada pelos professores foi aumentar o estímulo à curiosidade do estudante. Isso foi implementado utilizando-se perguntas introdutórias direcionadas aos alunos no início das aulas e promovendo mais debates em sala de aula, o que também traria benefícios para a capacidade argumentativa e habilidade crítica dos alunos. As perguntas iniciais, além do estímulo à curiosidade, se mostraram úteis para sondar o conhecimento prévio dos alunos.

Um foco muito importante destas reformas era o papel da experimentação em sala de aula. Para implantar esse ponto, eles pesquisaram artigos sobre experimentos voltados para o ensino de física, e foi proposto que quase todos os conteúdos utilizassem ao menos um experimento. Eles então dividiram as atividades experimentais em três tipos de atividades:

1. Experimentos demonstrativos realizados pelos professores, de preferência no início das aulas. Para essa atividade foram escolhidos experimentos rápidos de serem realizados, tomando poucos minutos caso preparados previamente com cuidado. Isso preservaria tempo

em sala de aula, que também deve ser utilizado para a transmissão de conteúdo, exercícios e debates sobre os resultados observados;

2. Experimentos realizados pelos alunos, alguns em casa e outros em sala de aula. Esses experimentos foram selecionados dentre aqueles mais econômicos ou com materiais que os alunos teriam em suas casas. Esses experimentos geralmente eram associados à entrega de um relatório ou um vídeo feito pelos próprios alunos, mostrando os resultados;

3. Uma feira de ciências, onde os alunos deveriam pesquisar experimentos interessantes para serem expostos. Isso permitiria o uso de experimentos mais complexos e que demandassem maior consumo de tempo para sua realização, mas com resultados interessantes e capazes de despertar o interesse dos alunos.

Dentre os experimentos realizados, aqueles que parecem ter chamado mais a atenção foram os de óptica. Seus efeitos de distorção de imagem, da invisibilidade do vidro na glicerina e projeção de imagens reais tiveram grande impacto, atraindo a atenção dos alunos, sendo de grande utilidade didática.

Outra atividade realizada no primeiro semestre foi a visita dos alunos do primeiro ano do ensino médio ao observatório astronômico da cidade. Logo de início, os alunos ficaram fascinados com o céu estrelado de um ambiente com pouca poluição luminosa, sendo possível, inclusive, ver a Via Láctea a olho nu. Uma atividade no observatório que também agradou os alunos foi o uso de telescópios, que podiam ser utilizados para ver Vênus, em sua fase crescente, e um grupo de estrelas (chamado de aglomerado aberto) coloridas chamado Caixa de Joias.

Além disto, havia uma exposição sobre cosmologia no observatório. Os alunos ficaram muito curiosos com todo o mistério trazido até eles pelas questões sobre o universo: sua evolução, a formação dos elementos, a matéria e energia escuras e suas dimensões. Ao fim, a atividade foi muito elogiada, tanto pelos alunos quanto pelos professores presentes. A animação causada por essa atividade ainda levou alguns alunos a construir uma luneta caseira, conforme visto em Brito e Sarmiento (2016).

Onde encontrar um laboratório de ensino?

Descrição da situação-problema

Um professor, habituado a dar apenas aulas expositivas (ainda que sempre estimulando a curiosidade e a participação dos alunos, mas sem nenhum tipo de atividade experimental), lê um artigo sobre a importância da experimentação em sala de aula e decide utilizar este tipo de atividade nas suas aulas.

Ao se informar sobre o laboratório da escola em que leciona, ele percebeu que o laboratório é muito deficiente. Além disso, devido à sua falta de prática ele se sente inseguro para começar a utilizar a experimentação em sala de aula.

Resolução da situação-problema

Ele decide, então, que uma boa ideia seria visitar algum espaço com esse tipo de atividade, talvez um museu de ciências ou mesmo um laboratório de ensino de física, aberto à visita. Após uma pesquisa na internet, ele descobre que uma universidade na sua cidade oferece esse tipo de atividade, justamente com um laboratório de ensino de ciências. Decide fazer uma visita.

Lá, ele viu monitores experientes e capacitados explicando o funcionamento de diversos experimentos, muitos dos quais interativos, o que transformava o processo de aprendizado quase que em uma brincadeira. Ele também se informou sobre diversos experimentos que ele mesmo poderia reproduzir e sobre periódicos que publicavam esse tipo de artigo.

Seguro da validade da visita, ele decide levar seus alunos ao laboratório e planeja repetir essa visita com cada nova turma, de preferência no início das aulas, para poder relacionar os conteúdos com os experimentos vistos, além de ver o quanto a visita tinha ensinado aos seus alunos.

Faça valer a pena

1.

[...] notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam ser tratados em sala de aula. (BRASIL, 2000a, p. 27)



O trecho acima, retirado do PCN, exemplifica o uso de notícias contemporâneas que devem ser tratadas em sala de aula. O principal objetivo do uso desse tipo de notícias é _____:

- a) A contextualização histórica, situando a construção e evolução do conhecimento abordado em sala de aula.
- b) A experimentação, que tem como um dos objetivos estimular a análise crítica e argumentativa dos alunos.
- c) A contextualização do conteúdo tratado em sala de aula com eventos e notícias presentes no cotidiano dos alunos.
- d) A promoção da participação do aluno no processo de aprendizado, que deve ter como principal foco a boa avaliação nos exames vestibulares.
- e) O estímulo à curiosidade do aluno, uma vez que resultados inesperados tendem a motivar debates, melhorando o aprendizado.

2. Um intrigante efeito em óptica ocorre quando mergulhamos um objeto de vidro em um recipiente também de vidro contendo glicerina, pois, dependendo das dimensões dos objetos, o objeto mergulhado fica invisível em determinadas direções.

Ao mostrar efeitos físicos inesperados para promover o debate com os alunos em sala de aula, o professor está utilizando a experimentação associada a qual outra técnica, para melhorar o aprendizado?

- a) Estímulo à curiosidade, pois o professor está ilustrando um fenômeno que desafia os sentidos e expectativas despertando interesse do aluno.
- b) Contextualização, pois o fenômeno inicialmente inesperado pode se tornar parte do cotidiano do aluno.
- c) Contextualização, pois as explicações oferecidas pelos alunos terão origem no seu cotidiano.
- d) Estímulo à curiosidade, ainda que de forma inadequada, pois a curiosidade é mais estimulada através de perguntas.
- e) Nenhuma, apenas mostrar o resultado e dar uma explicação basta para que o aluno aprenda de modo eficiente.

3. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação causal indicada entre elas:

I. Um benefício oferecido pela prática experimental ao aprendizado de física é a formação de uma cultura científica mais questionadora,

PORQUE

II. a prática experimental estimula o aluno a formular questões e buscar explicação para os fenômenos.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II justifica a I.
- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

Seção 1.3

Inovação no ensino de Física

Diálogo aberto

Na seção anterior, vimos o importante papel da curiosidade e da contextualização dos conteúdos no processo de aprendizagem, além da importância do uso de experimentos e do método científico. Agora, devemos abordar a interdisciplinaridade e o uso da tecnologia na educação, incluindo o método da *sala de aula invertida*.

Voltando para nossa história, o diretor e os professores estão muito satisfeitos com os resultados obtidos com as reformas implementadas no ensino de física. Após as primeiras mudanças, a exemplo da maior ênfase na contextualização do conteúdo com o cotidiano do estudante, na experimentação e no estímulo à curiosidade, os alunos estão mais participativos. Eles perguntam mais, se sentem mais confortáveis para tentar responder às perguntas e apresentam melhor capacidade argumentativa.

O diretor está ansioso para apresentar o resultado das reformas ao fim deste semestre. Juntamente com os professores, ele decide prosseguir com as melhorias, desta vez, com ênfase na interdisciplinaridade e no uso da tecnologia para auxiliar o ensino.

A interdisciplinaridade tem como principal objetivo transferir, para outras disciplinas, o sucesso obtido com as melhorias aplicadas ao ensino de física, como o uso da experimentação, contextualização de conteúdos com o cotidiano do estudante e o estímulo à curiosidade. Já o uso da tecnologia como ferramenta de ensino terá duas frentes: o uso de experimentos simulados, como recursos visuais interativos, para abordar conteúdos onde a experimentação não seja possível, como em estrutura da matéria; e o uso da metodologia de Sala de Aula Invertida, onde os alunos devem ter contato com o conteúdo em suas casas, enquanto usam o tempo em sala de aula para atividades mais ativas, como debates e experimentos.

Uma das atividades planejadas, ainda nas conversas iniciais sobre as reformas para este semestre, é uma aula interdisciplinar, com foco em física e química, falando sobre processos na cozinha. Essa

aula une vários dos aspectos abordados pelas melhorias aplicadas, como experimentação, curiosidade e contextualização de conteúdo, agora, incluindo a interdisciplinaridade. Essa atividade será realizada com os alunos do segundo ano do ensino médio, que devem visitar uma escola de gastronomia junto com os professores. Espera-se que essa visita repita o sucesso da visita dos alunos de primeiro ano ao observatório astronômico.

Bom, o foco das melhorias agora será a interdisciplinaridade e o uso de tecnologia no ensino. Mas como executar este plano? Onde encontrar simuladores de experimentos de física confiáveis? E com relação à Sala de Aula Invertida... ela possui diversas metodologias embutidas, com diversas possibilidades de implantação. Qual escolher para o contexto da física?

Não pode faltar

Normalmente, quando pensamos cientificamente sobre a origem da vida, imaginamos os primeiros microrganismos se formando há bilhões de anos nos mares da Terra. Esses mares continham uma grande quantidade de compostos orgânicos necessários para a formação das primeiras células, como proteínas e bases nitrogenadas. Além disso, a Terra primitiva apresentava vários processos de liberação de energia através de raios, atividade vulcânica e energia solar. Essa energia é fundamental, para permitir as reações químicas que se imagina que sejam necessárias para o surgimento da vida. Ou ainda, podemos pensar na hipótese de que elementos necessários para o surgimento da vida foram trazidos, para a Terra, por meteoritos. Muitas outras propostas são possíveis, uma vez que o tema ainda está sendo pesquisado e nenhuma explicação prevaleceu sobre as outras, sendo tomada como padrão.

Esse tema costuma ser tratado na aula de biologia, uma vez que essa disciplina costuma abordar os temas relacionados aos seres vivos, incluindo sua origem e evolução. No entanto, uma teoria recente promete dificultar esta separação, através do uso de conceitos da termodinâmica para explicar a origem da vida (BRITO, 2014).

Um físico do Massachusetts Institute of Technology (MIT), chamado Jeremy England, está relacionando a formação da vida com a

otimização de processos de dissipação de energia e aumento da entropia. Esses conceitos não são simples. Por exemplo, a entropia, apesar de sempre ser associada ao grau de complexidade do sistema, pode ser descrita de várias formas pela física, e esta teoria vincularia o surgimento da vida com a Segunda Lei da Termodinâmica, que diz que, em todo processo, a entropia total do sistema aumenta ou se mantém constante, nunca diminuindo. Além disso, essa teoria colocaria o surgimento da vida na mesma categoria que fenômenos mais corriqueiros, como a formação de flocos de neve ou o surgimento de dunas de areia.



Refleta

Como você se sentiria em relação a esta perda de status do surgimento da vida? Vale lembrar que, ao longo da nossa história, muitas teorias removeram nossas condições especiais. Por exemplo, a Terra deixou de ser o centro do Universo e o ser humano passou a ser apenas mais uma espécie que surgiu com a teoria da evolução. Mas, voltando ao ponto inicial, como você se sentiria no caso desta teoria ganhar força e o surgimento da vida passar a ser apenas mais um dentre tantos fenômenos?

Independentemente dessa teoria estar certa ou errada, resposta que apenas as futuras verificações experimentais poderão revelar, esse é um interessante exemplo de como o processo de explicar fenômenos não possui fronteiras delimitadas pelas disciplinas. Esse é um interessante caso onde a interdisciplinaridade se faz presente. Talvez fosse interessante a realização de uma aula conjunta, para que os professores de física e de biologia conversassem com os alunos sobre os diversos aspectos desta teoria.

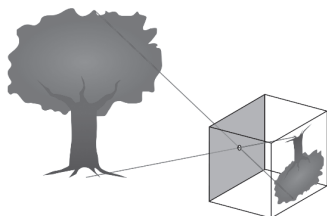


Pesquise mais

O artigo apresentado por Brito (2014), explica de forma didática essa nova teoria para o surgimento da vida. Além disso, apresenta uma série de características que podem ser associadas às boas práticas de ensino, que viemos falando ao longo da unidade. Por exemplo, são apresentados diversos trabalhos científicos correlacionados à teoria e produzidos por outros autores, o que reforça a noção da ciência como construção histórica e social falada no PCN. Além disso, devido ao tema ser a origem da vida, ele já é naturalmente contextualizado e estimula a curiosidade.

Uma disciplina que naturalmente se comunica com a Física, é a Química. Essa comunicação é tão intensa que existe um campo que mistura as duas disciplinas, chamado físico-química. Em diversos fenômenos do nosso cotidiano, as duas atuam de forma complementar, explicando os diferentes processos que compõem o evento observado. Por exemplo, quando tiramos uma fotografia, enquanto a física explica o processo óptico da passagem da luz pelo diafragma e a projeção da imagem invertida no fundo da câmara escura (conforme visto na Figura 1.1), a química explica o processo de revelação e fixação da imagem no filme fotográfico, através das reações de oxirredução dos cristais de prata, causada pela incidência de luz.

Figura 1.1 | Projeção da imagem invertida no fundo de uma câmera escura



Fonte: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pinhole-camera.svg>>. Acesso em: 2 fev. 2017.



Exemplificando

Um exemplo que mostra a interdisciplinaridade da física com a química, unindo em uma atividade cotidiana o uso de experimentação, é apresentado no artigo de Souza, Neves e Muramatsu (2007). O artigo apresenta todo o processo de construção de uma câmera fotográfica, utilizando uma lata e um laboratório para revelar as fotos, além de descrever todo o processo de revelação do negativo e obtenção do positivo.



Refleta

Você já reparou na quantidade de fenômenos químicos e físicos presentes quando você cozinha? Já se perguntou o efeito da diferença de temperatura utilizada na cocção para o prato final? E o efeito da diferença de tamanho do alimento para o modo de cozimento? Em relação às carnes, qual a diferença de grelhar e cozinhar? Por que alguns pratos podem ser preparados no forno de micro-ondas e outros não, precisando ser preparados no forno a gás? Qual é a diferença?

A culinária é outro tema plenamente capaz de unir ensinamentos de química e física, além de possuir um grande aspecto de

contextualização. Questões como: “qual a diferença de cozinhar e fritar um determinado alimento?”, ou “qual a diferença de cozinhar ou grelhar um pedaço de carne?” podem fornecer a base para discutir muitos conceitos de física e de química. Os processos na cozinha apresentam um grande potencial para uma aula conjunta; enquanto o professor de física conversa sobre os fenômenos termodinâmicos de transmissão de calor e desidratação, o de química pode falar sobre as reações que levam às mudanças de cor e sabor referentes a cada processo culinário.

Por exemplo, ao responder as perguntas feitas no quadro “Refleta”, devemos discutir diversos fenômenos de transporte de calor e química. A temperatura de cozimento estabelece quais as estruturas que são destruídas ou modificadas pelo calor. Logo, cozinhar com o uso de água, na grelha ou no forno de micro-ondas tem um enorme efeito nessa temperatura. Enquanto a grelha e o forno a gás podem atingir altas temperaturas, no cozimento com água não se passa da temperatura de ebulição da água, uma vez que a água permanecerá nessa temperatura até sua ebulição total.

Além disso, o processo utilizado influencia no modo como o alimento perde a sua própria água, se tornando mais seco, como no caso do forno e do micro-ondas. No caso da fritura, as partes mais externas do alimento perdem água rapidamente, enquanto as partes internas não atingem altas temperaturas, perdendo menos água e assim conservando sua umidade, como é o caso da batata frita. Já o tamanho do alimento influencia nessa distinção entre parte interna ou externa, por exemplo, na batata *chips*: como toda a batata está próxima da superfície, quase toda água é perdida, tornando-a muito mais seca e crocante.

Já o cozimento da carne apresenta uma explicação mais relacionada à química, pois, quando proteínas e açúcares são expostos, juntos, a temperaturas acima de 100°C, ocorrem as chamadas reações de Maillard, onde as proteínas e açúcares reagem, liberando moléculas que dão a cor marrom, além de aroma e gosto característicos. Um fenômeno muito semelhante ocorre ao se assar um bolo rico em açúcar no forno, que vai lhe dar a cor, o aroma e o sabor característicos (BRANDÃO, 2011).



Uma série de atividades, relacionando o ensino de física com a culinária, é apresentada na dissertação de mestrado intitulada *Física na cozinha* (REKOWSKY, 2012). Nessa dissertação, são discutidos diversos fenômenos presentes cotidianamente na cozinha, como ferramenta para ensino de física, com atividades práticas-experimentais, como a produção de compotas e cookies para discutir a pasteurização (processo que destrói microrganismos presentes nos alimentos, aumentando sua durabilidade) e fenômenos de expansão de gases, que, em suas diversas formas e velocidade, causam, por exemplo, a diferença entre um bolo e um cookie.

Um novo modelo de ensino, que começou a ser estudado na década de 1990, é a *sala de aula invertida*. Seu nome é uma contraposição ao modelo tradicional de aprendizagem por transmissão, em que os alunos, enquanto na sala de aula, são expostos passivamente a explicações expositivas, centradas na transmissão de conhecimento do professor para o aluno, e os exercícios são realizados em casa. No modelo da *sala de aula invertida*, o aluno é exposto previamente ao conteúdo por meio de vídeos, textos ou áudios em sua casa, enquanto o tempo em sala de aula é utilizado para atividades exploratórias, debates ou outras atividades em grupos.

Em termos da Taxonomia de Bloom, diríamos que, na sala de aula tradicional, trabalham-se os níveis de conhecimento e compreensão, enquanto os níveis de Aplicação e Análise são deixados para o estudante, sozinho, em casa. Na *sala de aula invertida*, trabalhamos os níveis conhecimento e compreensão em casa, enquanto os níveis que exigem mais, por parte do estudante, Aplicação e Análise, são trabalhados em sala de aula com o apoio do professor e da interação com os colegas. Saiba mais sobre a Taxonomia de Bloom em: <<http://www.sare.anhanguera.com/index.php/anudo/article/view/1585/745>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

O método da *sala de aula invertida* apresenta diversas vantagens. Por exemplo, os alunos podem acessar as explicações quantas vezes sentirem necessidade e nos momentos que quiserem. Além disso, é possível utilizar o tempo em sala de aula para aprofundar as discussões ou mesmo abordar problemas, tornando os alunos muito mais ativos no próprio processo de aprendizado.

Para iniciar a utilizar esse método e testar seus resultados, ou mesmo se ele é adequado ao seu modo de trabalhar, é possível utilizá-lo parcialmente, em determinados conteúdos. Como sempre acontece, após o contato inicial, você vai reparar uma série de coisas que devem ou poderiam ser corrigidas ou melhoradas. Você deve ver a aceitação da classe com o método e mesmo a sua adequação. Devemos lembrar que, por melhor e mais interessante que um método seja, ele nunca será sempre o mais adequado. Talvez seus alunos tenham dificuldades de acesso à internet em casa, ou simplesmente não possuam um ambiente tranquilo para estudar. Por isso, é sempre importante escutar os alunos e observar a eficiência da metodologia adotada.

Mas como planejar uma aula assim? Talvez o primeiro passo seja conversar com os estudantes, falar sobre a importância da dedicação deles para o sucesso do método e dos seus benefícios. Depois, seria importante fazer uma pesquisa: por exemplo, assistir a diversos vídeos de aulas expositivas em locais como o Coursera (COURSERA, 2016) ou no edX (EDX, 2016). Ao assistir a essas aulas, você verá que cada professor produz o vídeo de um modo: alguns gravam apresentações de slides com áudio, outros filmam enquanto usam um quadro ou projetam uma apresentação e outros filmam como se estivessem conversando com o aluno. Não existe um método infalível de produzir este material. Cada professor utiliza o modo a que mais se adequa.

De todo modo, busque produzir antecipadamente um plano de aula detalhado (se possível um roteiro), para ser capaz de realizar uma exposição direta e dinâmica. Evite vídeos muito longos, tente trabalhar em blocos de 5 a 15 minutos.

Após essa pesquisa sobre os modos de registrar o material expositivo, você pode gravar seu próprio vídeo. Isso pode ser feito com um celular ou câmera digital fixa com um tripé (caso você prefira filmar como se fosse uma apresentação). Você pode utilizar os recursos de exportação para vídeos do PowerPoint para exportar sua apresentação e depois adicionar o áudio, ou mesmo gravar com o celular, como se fosse um videochat. Mas esteja atento para a adequação do método adotado: por exemplo, caso você precise utilizar equações ou diagramas, o videochat não será adequado, sendo melhor utilizar slides ou filmar a apresentação (talvez apenas

a parte necessária). No caso do ensino de física, seria possível inserir vídeos de fenômenos ou experimentos, ou talvez vídeos em câmera ultralenta que mostrariam detalhes de fenômenos muito rápidos, como um balão estourando ou a propagação de ondas na água.

A seguir, é importante a realização da atividade em sala de aula relacionada ao material disponibilizado. Essa atividade é de grande importância, para verificação do aprendizado e avaliação do método. Por exemplo, pode-se promover um debate entre os alunos ou apresentações para aprofundar alguns tópicos do material visto no vídeo.

Ao fim da atividade, seria importante verificar a avaliação dos alunos em relação ao modo como a atividade foi desenvolvida, por exemplo, utilizando-se de um questionário, onde os alunos avaliassem diversos aspectos da prática e pudessem sugerir melhorias.



Assimile

Lembre-se de que o modelo de *sala de aula invertida* é uma contraposição ao modelo tradicional. Enquanto no modelo tradicional o aluno é exposto ao conteúdo na sala de aula e resolve exercícios em casa, no modelo de *sala de aula invertida*, o aluno é exposto ao conteúdo em casa e realiza atividades, como debates e solução de exercícios, em sala de aula.

Devido à disponibilidade do material explicativo e ao modo como o tempo em sala de aula é utilizado, o método da *sala de aula invertida* apresenta diversas vantagens, dentre elas, o fato de tornar os alunos mais ativos no próprio processo de aprendizado.

Outro tema que permite uma boa discussão interdisciplinar entre física e química é a Estrutura da Matéria. Nesse tema, são discutidos os aspectos relacionados aos níveis de energia atômicos e seus processos de absorção e dissipação.

A mecânica quântica descreve o comportamento das partículas atômicas e subatômicas através da Equação de Schrödinger, que relaciona o movimento dessas partículas com o potencial energético ao qual elas estão submetidas, fornecendo, como resultado, quais estados são permitidos ou não pela mecânica quântica. Isso tem enorme influência nos processos energéticos dos átomos.

Como a Equação de Schrödinger descreve as energias que os elétrons de um determinado átomo podem possuir, ela define as energias que podem ser absorvidas ou perdidas através de interações, pois o elétron precisa transitar nesses valores de energia. Isso define, por exemplo, quais as energias dos fótons (partículas que compõem a luz) que serão absorvidas ou emitidas por um determinado átomo, o que define a frequência desta luz emitida ou absorvida.

Esse tópico apresenta diversas complicações para sua abordagem em sala de aula, como dificuldades para a contextualização e poucos experimentos de baixo custo disponíveis. Além disso, sua fundamentação teórica pode apresentar complicações de cálculo intratáveis, para alunos do ensino médio.



Pesquise mais

Um bom artigo que aborda alguns desses problemas foi publicado por Nery e Fernandez (2004). Neste artigo, eles exploram experimentos de baixo custo para serem utilizados em aulas sobre fosforescência e fluorescência. Além disso, esses experimentos possuem grande impacto visual e grande potencial, como ferramenta para estimular a curiosidade dos estudantes.

Devido às suas complicações, tanto matemáticas quanto de experimentação, uma boa opção para abordar esse tema é o uso da tecnologia. Por exemplo, é possível utilizar ferramentas computacionais para realizar os cálculos envolvidos na determinação dos níveis de energia. Esses programas podem retornar soluções gráficas de grande ajuda na compreensão do comportamento dos níveis de energia. Outra possibilidade é que essas ferramentas sejam interativas, permitindo a realização de atividades exploratórias com os estudantes, ao permitir que eles explorem os efeitos causados pela variação dos diversos parâmetros envolvidos, em tempo real.

Por exemplo, o simulador de Estrutura de Bandas (disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/band-structure>. Acesso em: 4 nov. 2016) apresenta as soluções gráficas para diversos níveis de energia, tanto para a densidade de probabilidade, quanto para a função de onda, para o cálculo da estrutura de bandas atômicas, sendo possível escolher a forma do potencial, a quantidade de poços, a presença de campo elétrico, entre outras características. Utilizando essa simulação, poderia ser realizada uma

atividade exploratória, onde seria possível fazer perguntas sobre o que se espera dos efeitos das mudanças de parâmetros, e, em seguida, os alunos poderiam ver os efeitos dessas mudanças nos diversos níveis de energia dos parâmetros iniciais, a definição das regiões de maior probabilidade de se encontrar os elétrons ligados ao átomo, ver a influência de um campo elétrico nestas probabilidades, sem a necessidade de calcular a equação de Schrödinger associada.

Essas ferramentas computacionais podem se apresentar de diversas maneiras. Por exemplo, seria possível o uso de jogos computacionais didáticos. Jogos possuem a capacidade de entreter e divertir. Caso essa capacidade seja aliada às questões relacionadas ao ensino, através da temática eles podem ser uma poderosa ferramenta de ensino. Diversas características dos jogos podem ser utilizadas para abordar o conteúdo: desde os diálogos entre os personagens, suas regras ou mesmo seus objetivos. Um exemplo desse tipo de abordagem pode ser visto no jogo online *Mortafiric*, disponível em: <<http://www.physicsgames.net/game/Mortafiric.html>>. Acesso em: 20 nov. 2016. Nele, o jogador deve controlar a velocidade e ângulo de disparo de canhões, de modo a eliminar os terroristas presentes em cada fase.

Outra possibilidade seria o uso de simuladores: programas que reproduziriam o comportamento de determinados sistemas, simulando assim determinados aspectos dos conteúdos a serem estudados, permitindo a observação desses aspectos, mesmo quando não seja possível se utilizar da experimentação. Um simulador pode ainda ser associado à interatividade, através da definição de características da simulação, permitindo uma espécie de atividade exploratória, onde, variando as entradas, sejam observados os efeitos causados no simulador. Em último caso, seria possível utilizar apenas as soluções produzidas computacionalmente, em forma de soluções de equações ou em forma de soluções gráficas.

As ferramentas computacionais poderiam ser utilizadas para aprofundar temas onde as competências matemáticas dos alunos ainda não sejam capazes de oferecer a solução formal. Por exemplo, um aluno de ensino médio poderia perguntar sobre como a resistência do ar influenciaria um corpo em queda livre, mas suas habilidades matemáticas não são compatíveis com as necessárias,

para a solução de equações diferenciais, para solução do problema. Melhor que deixar o aluno sem resposta, seria lhe oferecer, como resposta, um simulador, por exemplo, o que está disponível em: <<http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=10002>> (Acesso em: 5 nov. 2016), em que ele possa explorar o problema, variando os parâmetros, como a resistência do ar.



Exemplificando

Uma ferramenta de grande utilidade, não apenas para o ensino de estrutura da matéria, mas para física em geral, são simuladores computacionais. O site PhET Interactive Simulations é disponibilizado pela Universidade do Colorado Boulder.

Outra boa fonte de material didático para ensino de física por simuladores é apresentada pela Open Source Physics (2016), disponível em: <<http://www.opensourcephysics.org/index.cfm>>. Acesso em: 5 nov. 2016. A Open Source Physics disponibiliza diversos materiais no site, como as simulações e publicações relacionadas ao tema de uso de computadores na educação.

Sem medo de errar

Retornando à história do jovem diretor que está implementando uma série de reformas no ensino de física de sua escola, lembramos que, após algumas melhorias iniciais (como a maior ênfase na contextualização de conteúdos, no uso de experimentos e no estímulo à curiosidade do estudante), ele e os professores decidiram abordar as questões da interdisciplinaridade, do uso da tecnologia no ensino e o método da *sala de aula invertida*.

Continuando com o projeto das reformas, foram iniciadas as atividades de cunho interdisciplinar, que tinham como principal objetivo transportar para as outras disciplinas os benefícios obtidos com as mudanças no ensino de física. A atividade com os alunos do segundo ano do ensino médio, envolvendo os professores de física e química, foi uma visita a uma escola de gastronomia. Os alunos aprenderam a preparar alguns pratos básicos possíveis de serem feitos em casa, enquanto os professores complementavam a atividade falando sobre os processos físicos e químicos envolvidos, como aqueles relacionados ao cozimento e à fritura dos alimentos. Depois disso, os alunos puderam interagir com instrumentos menos comuns,

como máquinas de vácuo, utilizadas para envolver os alimentos em um plástico apropriado, permitindo um cozimento em que o alimento não perderia umidade nem nutrientes durante o processo, e máquinas de espuma que adicionavam ar em cremes ou sucos de modo a torná-los mais aerados, dentre outros. Novamente, a atividade foi elogiada tanto pelos alunos quanto pelos professores envolvidos, tanto pelas características de contextualização e experimentação, quanto pelo sorvete produzido pelos próprios alunos, que estava bom. No retorno à escola, os alunos avaliaram a atividade em um questionário, onde poderiam sugerir melhorias. O resultado dessa avaliação foi muito bom, visto que 80% dos alunos indicaram que a experiência tinha sido boa ou ótima.

Outro ponto das reformas que começou a tomar forma foi o uso da tecnologia para auxiliar o ensino. Esse ponto foi realizado em duas frentes. Primeiro, o maior uso de ferramentas computacionais para fins didáticos, como o uso de simuladores e jogos. Além disso, começou a ser testada a aplicação da metodologia da *sala de aula invertida*, em que alguns professores gravaram vídeos explicativos sobre determinados temas, com algumas questões a serem debatidas entre os alunos, para realizações de atividades em sala de aula.

O uso de simuladores foi muito bem recebido pelos alunos, o professor o utilizou de modo introdutório, perguntando aos alunos qual era o comportamento esperado com a mudança de determinados parâmetros e, em seguida, rodando a simulação, que algumas vezes apresentava resultados inesperados, como a velocidade terminal de um corpo em queda sofrendo a ação da resistência do ar.

A introdução do uso da Sala de Aula Invertida também foi muito bem recebida. Os alunos assistiram a vídeos explicativos sobre hidrostática e, em sala de aula, precisaram responder de qual material era feito um determinado bloco, considerando que poderia ser feito do mesmo material que um dos três blocos menores apresentados. Essa atividade foi um paralelo ao problema da coroa do rei de Siracusa, que, segundo relatos, teria perguntado a Arquimedes se sua coroa era realmente feita de ouro.

Outras atividades relacionadas à ideia das reformas foram realizadas ao longo do semestre. Eram, frequentemente, avaliadas pelos professores e alunos, com o auxílio de formulários específicos

para cada atividade. Ao fim do semestre, o diretor reuniu as informações coletadas ao longo do semestre, sobre a avaliação das atividades, e também comparou as notas obtidas pelos alunos com as notas obtidas nos anos anteriores, constatando uma melhora no desempenho. Essa melhora indicava que suas reformas haviam atingido o objetivo de aprimorar o ensino de física e, agora, deveriam ser expandidas para as outras disciplinas.

Conforme planejado desde o início, esses resultados foram apresentados para os proprietários da escola. Cada mudança na metodologia foi descrita, além dos resultados obtidos e as avaliações dos professores e alunos. Os proprietários reconheceram a melhoria provocada pelas reformas, tanto para os alunos quanto para os professores, que relataram estar mais motivados por terem participado do planejamento das reformas e por sentirem que estão contribuindo mais ativamente para o aprendizado dos alunos.

Avançando na prática

Uso da *sala de aula invertida* em ambiente empresarial

Descrição da situação-problema

Um professor foi contratado para lecionar em um curso de educação de jovens e adultos. Ele decidiu dar aulas com muitos experimentos, de modo a tornar as aulas mais interativas e, normalmente, ao começá-las, explicando o experimento a ser realizado. Ele acreditava que esse modelo ajudaria a aprendizagem, em um ambiente onde a grande maioria dos alunos trabalhava durante o dia, além de gastarem muito tempo se deslocando de casa para o trabalho e do trabalho para casa.

A primeira grande dificuldade enfrentada pelo professor foi a falta de engajamento dos alunos, que, muitas vezes, diziam estar cansados do trabalho e que muitas vezes chegavam a dormir na primeira parte da aula, onde se explicava como os experimentos deveriam ser realizados. Outro problema enfrentado foi que dificilmente os alunos faziam os exercícios que deveriam fazer em casa. Além disso, devido à formação variada dos alunos, eles estavam intimidados pelos experimentos, por não conhecerem a física envolvida ou, simplesmente, por estarem inseguros.

Como seria possível melhorar o aprendizado dos alunos nessas condições?

Resolução da situação-problema

Depois de pensar sobre como trabalhar nestas condições, o professor decide modificar a metodologia utilizada para a sala de aula invertida. Ele, então, preparou vídeos explicativos sobre os conteúdos que seriam abordados e sobre a realização dos experimentos. Desse modo, os alunos poderiam assistir aos vídeos ao longo da semana, muitas vezes no ônibus, se deslocando do trabalho para a aula, e quantas vezes sentissem necessidade. Isso tornaria a aula mais dinâmica, eliminando a parte inicial de explicação sobre o experimento, quando alguns alunos dormiam. Assim, os exercícios passaram a ser realizados em grupos e em sala de aula, tornando impossível que alguém “esquecesse” de fazê-los.

A aula passou a ser estruturada da seguinte forma: inicialmente, o vídeo explicativo era disponibilizado para ser assistido em casa. Nesse vídeo, eram discutidos tanto o experimento a ser realizado, quanto as técnicas de análise que seriam utilizadas; em sala de aula, os alunos realizavam os experimentos e analisavam os dados em grupos e, para finalizar, algum aluno era sorteado para fazer uma apresentação, resumindo as atividades realizadas.

Faça valer a pena

1. Na metodologia da sala de aula invertida, os estudantes são expostos _____ ao conteúdo através do uso de vídeos, textos ou áudios em _____, enquanto o tempo em _____ é utilizado para atividades_____, debates ou outras atividades em grupo.

Escolha dentre as opções abaixo aquela que melhor completa as lacunas do texto-base.

- a) Previamente; sala de aula; casa; exploratórias.
- b) Previamente; casa; sala de aula; exploratórias.
- c) Posteriormente; sala de aula; casa; explicativas.
- d) Previamente; casa; sala de aula; explicativas.
- e) Posteriormente; casa; sala de aula; explicativas.

2.

Uma compreensão atualizada do conceito de energia, dos modelos de átomo e de moléculas, por exemplo, não é algo “da Física”, pois é igualmente “da Química”, sendo também essencial à Biologia molecular, num exemplo de conceitos e modelos que transitam entre as disciplinas. (BRASIL, 2000b, p.8)



A qual característica esperada do ensino o trecho acima é mais associado?

- a) Contextualização de conteúdo.
- b) Contextualização histórica.
- c) Estímulo à curiosidade.
- d) Interdisciplinaridade.
- e) Experimentação.

3. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação causal indicada entre elas:

I. A utilização de simuladores computacionais de fenômenos físicos não é indicada para auxiliar a aprendizagem dos estudantes em sala de aula,
POIS

II. o uso de simuladores computacionais não é equivalente à experimentação presencial.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação correta.

- a) As duas afirmações estão corretas e a segunda explica a primeira.
- b) As duas afirmações estão corretas, mas a segunda não explica a primeira.
- c) A primeira afirmação está incorreta e a segunda afirmação está correta.
- d) A primeira afirmação está correta e a segunda afirmação está incorreta.
- e) As duas afirmações estão incorretas.

Referências

ALMEIDA JÚNIOR, João Batista. A evolução do Ensino de Física no Brasil. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979.

BRANDÃO, Ruan. **Ciência na cozinha**. 2011. Disponível em: <<http://clc-projetoagora.blogspot.com.br/2011/02/ciencia-na-cozinha.html>>. Acesso em: 5 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) Parte 3**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12598:publicacoes>>. Acesso em: 21 out. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Formação continuada para professores**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/formacao>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

BRASIL. Secretaria de Educação Especial. **Projeto Escola Viva**. Brasília: MEC, 2005. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/192-secretarias-112877938/seesp-esdudacao-especial-2091755988/12658-projeto-escola-viva?Itemid=860>>. Acesso em: 23 out. 2016.

BRASIL. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>>. Acesso em: 18 de out. 2016.

BRITO, João Pedro; SARMENTO, Jonatan. Monte sua própria luneta astronômica com apenas R\$ 60. **Revista Galileu**. 2015. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Multimedia/Infograficos/noticia/2015/02/luneta.html>>. Acesso em: 28 out. 2016.

BRITO, Josikwylkson Costa. **Uma nova teoria física para a origem da vida**. 2014. Disponível em: <<http://www.universoracionalista.org/uma-nova-teoria-para-a-origem-da-vida/>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

COSMOS: Uma odisseia no espaço-tempo. Direção de Brennon Braga; Bill Pope; Ann Druyan. Produção de Livia Hanich; Steven Holtzman. [s.l.]: Cosmos Studios, Fuzzy Doors Productions e Santa Fe Studios, 2014.

COURSERA. **Coursera Website**. Disponível em: <<http://www.coursera.org>>. Acesso em: 28 out. 2016.

COZENDEY, Sabrina Gomes; COSTA, Maria da Piedade Resende da; PESSANHA, Márlon Caetano Ramos. Publicações sobre o ensino de Física para alunos com deficiência visual. **Revista Benjamin Constant**, [s.l.], v. 50, dez. 2011. Disponível em: <http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/Nossos_Meios_RBC_RevDez2011_Artigo_2.doc>. Acesso em: 2 nov. 2016.

EDX. **EdX Website**. Disponível em: <<http://www.edx.org>>. Acesso em: 28 out. 2016.

FARIAS, Alex. **Física fascinante**. Disponível em: <<http://fsicafascinante.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 28 out. 2016.

- MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. **Manual do mundo**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/iberethenorio>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_94.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- NERY, Ana Luiza Petillo; FERNANDEZ, Carmen. Fluorescência e estrutura atômica. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 19, p. 39-42, maio 2004. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2016.
- OPEN SOURCE PHYSICS. **Open Source Physics**. Disponível em: <<http://www.opensourcephysics.org/webdocs/about.cfm>>. Acesso em: 5 nov. 2016.
- OLIVIERI, Antonio Carlos. **Galileu Galilei**. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/biografias/galileu-galilei.htm>>. Acesso em: 28 out. 2016
- PELISSONI, Adriane M. Soares. Objetivos educacionais e avaliação da aprendizagem. **Anuário da produção acadêmica docente**. v. 3, n. 5, Campinas, 2009.
- REIS NETO, Eugênio. **O céu também é azul em outros planetas?** Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/revista/materia/id/991/n/o_ceu_tambem_e_azul_em_outros_planetas>. Acesso em: 28 out. 2016.
- REKOWSKY, Lairane. **Física na cozinha**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72589/000883592.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 5 nov. 2016.
- RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 34, n. 4, p. 1-10, dez. 2012. FapUNIFESP.
- RICARDO, Elio Carlos. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 1, 2003.
- ROCHA, M. N. et al. O azul do céu e o vermelho do pôr do sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.1-3, set. 2010. FapUNIFESP.
- ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, [s.l.], v. 2, n. 58, p. 1-24, 15 fev. 2012.
- SILVA, Osmar Henrique Moura da; LABURÚ, Carlos Eduardo. Invisibilidade da garrafa (a explicação correta). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 111-114, jan. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6442>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- SOUZA, Carlos Eduardo Rossatti de; NEVES, João Ricardo; MURAMATSU, Mikiya. Fotografando com câmara escura de orifício. **Física na Escola**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 19-22, out. 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a05.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

STENGER, Marianne. **Por que a curiosidade melhora a aprendizagem?** Disponível em: <<http://porvir.org/por-curiosidade-melhora-aprendizagem/>>. Acesso em: 28 out. 2016.

UMA LIÇÃO de vida. Direção de Justin Chadwick. [s.l.]: BBC Films, 2010. 105 min.

UNIVERSIDADE COLORADO BOULDER. **PhET Interactive Simulations.** Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 4 nov. 2016.

UOL. Pisa: desempenho do Brasil piora em leitura e 'empaca' em ciências. **Uol Educação.** 2013. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/noticias/2013/12/03/pisa-desempenho-do-brasil-piora-em-leitura-e-empaca-em-ciencias.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

Ensino de eletromagnetismo

Convite ao estudo

Olá, nesta unidade falaremos sobre diversos tópicos relacionados ao ensino de eletromagnetismo, desde seus principais desafios até sobre como utilizar experimentos de baixo custo como ferramenta de ensino. A proposta é aplicar as práticas estudadas na primeira unidade em um contexto mais específico, que é o ensino de eletromagnetismo. Haverá exemplos de contextualização do conteúdo utilizando equipamentos cotidianos, experimentos de baixo custo e seu uso para estimular a curiosidade do aluno.

Veremos também a importância da liderança para conduzir mudanças e tentar melhorar o ambiente ao redor, da comunicação para promover o engajamento dos estudantes e da colaboração para manutenção das mudanças e do engajamento.

Nesta unidade, nos colocaremos no lugar de um professor que foi encarregado de modernizar o laboratório de ensino de eletromagnetismo, de sua escola. Ele começará pela seção de eletrostática, a seguir, reformará a seção de circuitos elétricos e finalizará com o eletromagnetismo. Essa escola possui recursos disponíveis para essa modernização dos laboratórios, solicitando aos professores a oportunidade de apresentarem propostas de melhorias desses. Mas será que possuir recursos é suficiente? O que será necessário para tornar este investimento uma melhora real e duradoura, no ensino? Quais seriam os desafios de se ensinar eletromagnetismo?

Para que você possa refletir sobre planejamento de laboratórios de ensino, compondo projetos completos e bem estruturados, nas próximas seções, veremos quais são os principais desafios de se ensinar eletromagnetismo, suas inovações e tecnologias.

Seção 2.1

Eletrostática

Diálogo aberto

Devido a uma disponibilidade de recursos, a escola decidiu investir na modernização de seus laboratórios de ensino. O professor que iremos acompanhar nas próximas seções ficou encarregado de cuidar da parte de eletromagnetismo. Com esses recursos, é possível comprar kits modernos de experimentos, monitores grandes para projetar simulações e osciloscópios de boa qualidade. Mas será que isso é efetivamente suficiente para transformar esse investimento em uma melhora no ensino?

Já vimos a utilidade da experimentação como ferramenta didática, sua importância para fixar o aprendizado, ao expor o estudante a situações reais, e sua capacidade de estimular a curiosidade, além do estímulo a uma cultura investigativa.

Mas que tipo de experimento é mais eficaz didaticamente? Seriam aqueles mais caros? Aqueles equipamentos com maior apelo sensorial, cheios de luzes e avisos sonoros? Seriam aqueles com maior contextualização com o cotidiano do estudante? Ou aqueles historicamente relevantes?

A primeira seção do laboratório de ensino a ser modernizada é a de Eletrostática. Essa seção tem grande importância histórica, pois, desde a antiguidade, alguns de seus fenômenos já eram conhecidos, muitas vezes com explicações sobrenaturais. Além disso, essa seção possui um grande número de experimentos simples de serem realizados e com baixo custo.

Além da experimentação, temos as outras boas práticas esperadas para o ensino de física. Quais seriam os desafios para contextualizar o conteúdo, tanto historicamente quanto cotidianamente, em relação ao estudante? E o estímulo à curiosidade, como podemos trabalhá-lo junto à eletrostática?

Para que você possa responder a essas perguntas, nas próximas seções, veremos quais são os principais desafios no ensino de

eletrostática e suas inovações, além de diversos exemplos de experimentos.

Não pode faltar

Fenômenos eletrostáticos são descritos desde a antiguidade, quando os gregos já descreviam a eletrização do âmbar (uma resina vegetal que se torna muito resistente, capaz, por exemplo, de preservar fósseis de insetos) por meio do atrito com a lã, que depois se tornava capaz de atrair pequenos objetos. Eles também temiam as descargas elétricas, durante as tempestades, a tal ponto, dessas descargas possuírem grande importância na sua mitologia, sendo os raios a arma de Zeus, principal divindade do panteão grego.

A compreensão desses fenômenos só viria após o século XVI, já se beneficiando dos princípios do método científico, utilizados para questionar as explicações populares na época e formular novas hipóteses, que puderam, por fim, ser verificadas experimentalmente.

Desde então, seu desenvolvimento se deu a passos largos, indo desde a categorização dos materiais entre condutores e isolantes até a descrição das forças exercidas por partículas carregadas, passando pela compreensão dos raios e construção dos para-raios, como veremos a seguir.

Mas, afinal, o que é eletrostática? A definição dada pelo dicionário Michaelis Online diz: “Estudo das propriedades e dos fenômenos das cargas elétricas em repouso.” (EDITORA MELHORAMENTOS LTDA, 2016). As palavras-chave aqui são cargas elétricas e repouso. A carga elétrica é uma característica intrínseca da matéria e faz com que os corpos eletricamente carregados produzam campos elétricos, além de sentir a força elétrica resultante da interação com outros campos elétricos. Mas por que essas cargas elétricas devem estar em repouso? Porque cargas elétricas em movimento apresentam uma série de características específicas, como a produção de campos magnéticos, que veremos nas próximas seções e são estudadas por outras áreas do eletromagnetismo.



Pesquise mais

A carga elétrica é uma das características mais profundas da matéria, estando presente em todos os níveis conhecidos, desde as partículas

elementares até as grandezas galácticas. Na matéria que nos rodeia, os elétrons, que compõem os átomos, possuem carga negativa, enquanto os prótons, no núcleo atômico, possuem carga positiva.

Na Física das Partículas Elementares, que estuda os menores componentes da matéria que conhecemos, as partículas já possuem carga elétrica. A Força Eletromagnética surge como uma das quatro forças fundamentais da natureza, juntamente com a força nuclear forte (que mantém o núcleo atômico unido), força nuclear fraca (relacionada aos fenômenos radioativos) e a força gravitacional (relacionada com a interação entre massas).

Uma abordagem interessante, para física, de partículas voltadas ao Ensino Médio, foi apresentada na dissertação de mestrado de Balthazar e Oliveira (2010), disponível em: <http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5299>. Acesso em: 23 nov. 2016.

A explicação para o fenômeno da eletrização que afetava o âmbar, descrito pelos gregos, só apareceu no século passado, com a formulação do modelo atômico. O modelo atômico atual descreve o átomo como um núcleo positivamente carregado, cercado por uma região negativamente carregada, composta por elétrons. Apenas com esse modelo foi possível explicar, de forma satisfatória, a razão pela qual alguns materiais sejam eletrificados por atrito, através da transferência de elétrons de um material para o outro, ambos sendo carregados eletricamente com cargas opostas.



Exemplificando

Um bom exemplo de adaptações em experimentos de eletrostática, em um contexto que promove a interação dos alunos, pode ser observado no vídeo de "Cabo de guerra elétrico: experiência de Física". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Yndkm5VB4I0>>. Acesso em: 23 nov. 2016. Nesse vídeo, são utilizadas bexigas de festa e latinhas de alumínio para promover um "cabo de guerra" eletrostático, que trata de quem eletriza melhor a bexiga no próprio cabelo e, portanto, consegue puxar mais a lata.

Outro exemplo interessante de experimento de eletrostática, também do Manual do Mundo, pode ser visto no vídeo "Pêndulo fantasma elétrico: experiência de Física". Disponível no link: <<https://www.youtube.com/watch?v=LyUJVJYxOEs>>. Acesso em: 23 nov. 2016. Nesse vídeo, um pêndulo eletrostático é construído utilizando-se latas de alumínio e uma raquete elétrica.

Ao realizar o experimento do "cabo de guerra" eletrostático, temos diversos materiais envolvidos: as bexigas, as latas e nossos cabelos. Esses materiais desempenham papéis diferentes no fenômeno observado: nosso cabelo cede elétrons, a bexiga recebe estes elétrons e a lata de alumínio continua neutra, mas tem a sua distribuição de cargas modificada, sendo então afetada pelo campo elétrico gerado pela bexiga. Logo, podemos observar aqui dois tipos distintos de eletrização, uma causada pela extração ou adição de elétrons (devido ao atrito) e outra causada pela simples mudança da distribuição das cargas (devido ao campo elétrico do outro material, processo que chamamos de indução).

A indução não altera a carga total presente em um corpo, apenas modifica sua distribuição, tornando uma região positiva e outra negativa. Porém, essa diferença da localização da região positiva e negativa é suficiente para que elas possam experimentar forças eletrostáticas distintas, gerando uma força resultante. Veremos, adiante, uma aplicação da indução eletrostática quando estudarmos o funcionamento de um eletroscópio, instrumento que verifica a presença de carga elétrica em um corpo.

Tanto as eletrizações por atrito quanto por indução podem ser utilizadas, em sala de aula, para discutir a intensidade da força elétrica e sua dependência com a distância entre os objetos carregados. Assim, podemos mostrar porque a bexiga precisa da proximidade vista no vídeo para ter algum efeito observável sobre a lata.

Os materiais podem ainda ser classificados entre isolantes (materiais nos quais as cargas elétricas não se movem livremente) e condutores (materiais que permitem a livre circulação das cargas elétricas). No caso do experimento do "cabo de guerra" eletrostático, a lata de alumínio é condutora, enquanto a bexiga é isolante. Como essas características influenciam no fenômeno observado? Por exemplo, o fato de a bexiga ser isolante mantém a região eletricamente carregada no local onde os elétrons foram recebidos, impedindo que ela fosse descarregada pelo nosso corpo. Já a natureza condutora da lata de alumínio permite que as cargas fluam livremente, separando-se perceptivelmente na presença do campo elétrico da bexiga.

Pensando nessa classificação de isolantes e condutores, como eles reagem a um campo elétrico? Como as cargas se movimentariam

dentro de um condutor e o que isso nos diz sobre o campo elétrico no seu interior? Bom, dado que as cargas se movem livremente, elas vão se mover enquanto houver campo no seu interior, só parando de se redistribuir quando a sua distribuição cancelar o campo interno, ou seja, quando o campo elétrico interno ao condutor for nulo. No caso dos isolantes, como as cargas se comportam na presença de campo elétrico? Ocorre redistribuição de carga? Sim, tanto ocorre que o papel, que é isolante, é atraído pelo pente ou pelo bastão de vidro eletrificado. No entanto, como as cargas não podem se mover entre os átomos, elas apenas se redistribuem de forma limitada, reduzindo o campo elétrico no interior do isolante.



Refleta

O que leva cada material a se comportar do modo que se comporta, cedendo ou recebendo elétrons? E o que leva um material a ser condutor ou isolante?

As respostas para essas perguntas podem chegar a níveis tão fundamentais quanto a física quântica. Eles não poderiam ser descritos para os alunos com uma linguagem mais acessível? Uma descrição qualitativa, esquematizando as bandas de energia permitidas, sem entrar em grandes detalhes, seria suficiente para esclarecer um pouco? Ou apenas confundiria ainda mais os alunos?

A Lei de Coulomb afirma que a força elétrica entre duas partículas carregadas é proporcional ao produto de suas cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. Matematicamente, temos:

$$\vec{F}_2 = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \vec{r}_{12}$$

Na fórmula, \vec{F}_2 é o vetor força elétrica que atua sobre a partícula 2; q_1 e q_2 são as cargas elétricas; d é a distância entre elas; k é uma constante; e \vec{r}_{12} é um vetor unitário na direção da linha que liga as duas cargas, apontando da partícula 1 para a partícula 2, conforme podemos ver na Figura 2.1.

Note que as cargas carregam um sinal, de modo que, caso as duas cargas sejam opostas, um sinal negativo no produto entre as cargas inverterá o sentido da força, tornando-a atrativa.

Lembre-se: o campo elétrico gerado por um objeto em um determinado ponto do espaço depende somente de sua própria carga:

$$\vec{E} = k \frac{q_1}{d^2} \vec{r}$$

A força elétrica que atua sobre uma segunda partícula, colocada no ponto indicado, pode ser calculada multiplicando sua carga pelo campo elétrico total na posição:

$$\vec{F} = q_2 \cdot \vec{E}$$

Figura 2.1 | Força eletrostática sentida pela partícula q_2 , devido ao campo elétrico gerado pela partícula q_1



Fonte: elaborada pelo autor

Uma característica muito interessante do campo elétrico é o fato de ele seguir o Princípio da Superposição, que afirma que o campo elétrico, sentido em um determinado ponto, é igual à soma vetorial dos campos elétricos produzidos por cada carga individualmente. Ou seja, colocando em forma de equação para um total de n cargas elétricas:

$$\vec{E}_{tot} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Esta característica permite calcular mais facilmente a força elétrica sobre uma partícula, causada por distribuições complicadas de carga nas vizinhanças, inclusive distribuições contínuas, por meio do cálculo integral.

Ao estudar a Lei de Coulomb, um desafio surge da natureza vetorial do campo elétrico e da força que ele exerce. Ainda que esse conceito esteja presente em vários outros campos da física, como a mecânica, em eletromagnetismo ele apresenta uma dificuldade extra, pois aparece associado a fenômenos que não são tão perceptíveis no cotidiano. Em comparação com a mecânica, a velocidade de

um carro é muito mais perceptível que a força eletrostática que observamos em casacos eletrificados pelo atrito. Este, talvez seja um bom exemplo de tópico onde o uso de simuladores pode ser uma ótima ferramenta didática.

É a força elétrica que nos permite estar sobre a superfície da Terra, ou mesmo sentar numa cadeira, pois é a repulsão entre os elétrons dos corpos que impede que eles se atravessem, no segundo exemplo com efeitos muito mais intensos e perceptíveis que no primeiro.



Lembre-se

Um bom exemplo de simulador possível de ser usado, no ensino da Lei de Coulomb, é disponibilizado pela Universidade de Colorado Boulder (2016), em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html>. Acesso em: 22 nov. 2016. Nesse simulador, é possível realizar atividades exploratórias, distribuindo cargas positivas e negativas na tela, além de ver a formação das linhas de campo. Também, é possível utilizar “sensores” que indicam a direção, sentido e intensidade do campo elétrico, sendo possível arrastar esses sensores pela tela, de modo a ver o comportamento do campo elétrico e da força elétrica, através de diversos caminhos.

Existem kits de laboratório de eletrostática prontos à venda no mercado. Certamente, eles podem ser úteis e obter performances melhores que as obtidas com materiais de baixo custo. No entanto, eletrostática não é uma área que dependa de grande precisão quantitativa para ser ensinada, podendo dar-se enfoque qualitativo. A maior parte dos experimentos pode ser realizada com materiais de fácil acesso, como latas de alumínio, bexigas de festa ou mesmo o nosso cabelo.

Talvez, no kit tenhamos materiais que facilitem a realização dos experimentos, por exemplo, um material que perca elétrons mais facilmente, mas certamente isso não é um impedimento para a realização do mesmo experimento com materiais de baixo custo, que talvez precisariam de mais atrito, mas alcançando o mesmo resultado.

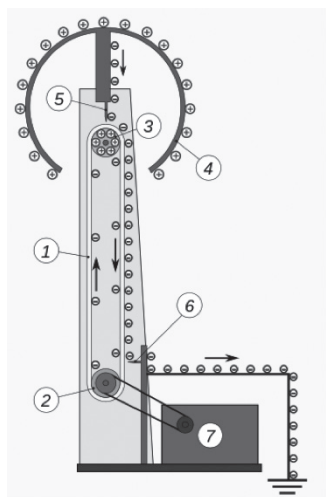
A série triboelétrica é uma tabela que ordena os materiais de acordo com sua facilidade de ganhar ou perder elétrons. Um exemplo de série triboelétrica pode ser vista em Kitor (2016), disponível em: <<http://www.infoescola.com/eletrostatica/serie-triboeletrica/>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

Nesse caso, é importante estar atento aos materiais utilizados: que estejam secos e limpos, que o plástico ou tecido seja do tipo indicado na descrição do experimento. A umidade pode impedir a eletrização do material, e o tipo inadequado de plástico ou tecido pode ter menos facilidade para ceder ou receber elétrons, inviabilizando o experimento.

Porém, mais importante que o laboratório em si, e a qualidade dos experimentos, é a capacidade que eles possuem de estimular a curiosidade e de engajar os alunos, tornando-os mais ativos no próprio processo de aprendizado. Levá-los a pensar sobre os resultados obtidos e o porquê foram obtidos faria possível a substituição de alguns materiais por outros e a percepção de como isso deveria influenciar o resultado. Este é o objetivo final da experimentação: tornar os alunos capazes de planejar as medidas, de fazer previsões sobre os resultados esperados e testar essas hipóteses. Mais importante que um gráfico bonito é o efeito que o experimento deve ter no aprendizado e no desenvolvimento das habilidades que vimos na seção anterior.

Um exemplo de equipamento interessante de se possuir em um laboratório de ensino de eletrostática é um **Gerador de Van de Graaff**,

Figura 2.2 | Funcionamento de um gerador de Van de Graaff



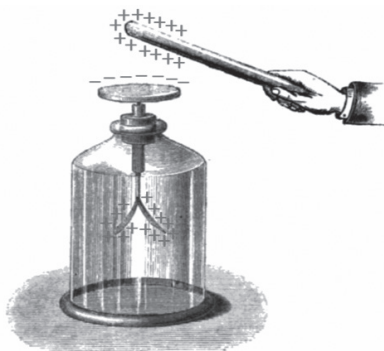
Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bandgenerator.svg>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

que pode ser visto na Figura 2.2. É uma forma de eletrizar uma cúpula condutora (4) com o auxílio de um motor rotatório (7). Uma tira isolante (1) passa por dois rolamentos (2 e 3), onde existem eletrodos metálicos (5 e 6). Um desses rolamentos se encontra dentro da cúpula metálica e está conectado a ela através de um fio. O outro rolamento está aterrado. Conforme a tira gira pelos rolamentos, estes são eletrizados, o rolamento aterrado se descarrega e o rolamento dentro da cúpula transmite sua carga para a cúpula, que acumula carga elétrica. O gerador de Van de Graaff é muito útil para eletrizar corpos rapidamente, além de ser possível produzir faíscas elétricas e ericar os

cabelos de quem toca a cúpula, o que tem grande efeito em estimular a curiosidade dos estudantes.

Outro instrumento que vale a pena possuir num laboratório de eletrostática é o **Eletroscópio**, que funciona basicamente como um detector de carga. Conforme podemos ver na Figura 2.3, o eletroscópio consiste basicamente de uma série de condutores em contato, onde, em uma ponta, temos uma esfera ou disco metálico e, na outra, duas folhas condutoras que possam se mover com alguma liberdade. Como pode ser visto, um eletroscópio pode ser facilmente construído com materiais de baixo custo. Ao se aproximar um objeto eletrizado do disco ou esfera, elétrons são deslocados. No caso de um objeto carregado positivamente, os elétrons das folhas são atraídos para o disco. Caso seja aproximado um objeto carregado negativamente, os elétrons do disco são expulsos para as folhas. De todo modo, as folhas estarão carregadas com cargas de mesmo sinal, e ambas se afastarão por repulsão elétrica, de maneira notável. O afastamento das folhas ocorre de modo análogo ao eriçar dos cabelos quando se toca em um Gerador de Van de Graaff.

Figura 2.3 | Eletroscópio



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electroscope_showing_induction.png>. Acesso em: 22 dez. 2016.



Pesquise mais

Esse vídeo mostra os passos para a construção de um pequeno gerador de Van de Graaff, que utiliza como materiais principais: um pequeno motor, uma garrafa plástica e uma lata de alumínio. THOMAS KIM. **How to make Plastic bottle Van de graaff**. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NN-Ffxi1U14>>. Acesso em: 23 nov. 2016. Como podemos ver, sua montagem requer habilidade e um certo trabalho, sendo mais adequado para apresentações em feiras de ciências, ou mesmo para apresentação em sala de aula, caso tenha sido preparado previamente.

Esse outro vídeo mostra a construção de um eletroscópio. MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. Detector de elétrons caseiro: eletroscópio

experiência de Física. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qAsesJkyZ4Q>>. Acesso em: 24 nov. 2016.



Assimile

Vários exemplos de experimentos de baixo custo foram vistos nesta seção, mas devemos sempre ter em mente as razões pelas quais os experimentos são importantes, quais são as competências que eles devem ajudar a desenvolver. Eles devem ajudar a promover uma cultura de questionamento e investigação, estimular a curiosidade e mostrar aos alunos que os conteúdos abordados não existem apenas nos livros.

Apenas experimentos não são suficientes para promover o aprendizado. Caso os alunos só reproduzam procedimentos vistos em algum vídeo na internet, isso não significa aprendizado. O importante é promover a discussão e a reflexão sobre os resultados e suas causas.

Sem medo de errar

Após uma extensa pesquisa, o professor de nossa história apresentou um bom projeto para a modernização do laboratório de eletromagnetismo, baseado na compra de kits de laboratório elaborados por empresas renomadas. O projeto foi elogiado e prontamente aprovado, e os recursos necessários para a aquisição, liberados. Os kits continham medidores digitais, monitores grandes e de boa resolução; os melhores materiais possíveis. Estava um pouco caro, mas, aparentemente, valia o investimento.

No entanto, na primeira utilização, durante o ensino do tópico de eletrostática, o resultado não foi tão bom quanto o esperado. Os alunos assistiam à realização dos experimentos, mas um tanto desatentos, sem grande participação na discussão dos resultados. Não apresentavam a curiosidade e empolgação que o professor acreditou que os experimentos causariam.

Era estranho, pois os equipamentos eram especificamente selecionados para apresentar, de modo claro, as características desejadas e a física do problema.

Quando o professor de nossa história era aluno, ele realizava experimentos em sua casa com os materiais mais baratos. Muitas

vezes, com resultados de difícil identificação e interpretação, devido à baixa qualidade dos materiais utilizados e da improvisação, mas ele sempre gostou disso e se sentia motivado por esses experimentos.

Após um pouco de reflexão, o professor imaginou que, talvez, a falta de interesse fosse uma consequência da falta de envolvimento dos alunos, que, talvez, se eles fossem mais ativos na realização dos experimentos, aproveitariam melhor. Mas como fazer isso? Dado que o kit custou caro e apenas poucos exemplares de cada experimento foram adquiridos, não seria possível que todos os alunos realizassem os experimentos. Logo, este não seria o caminho, pois ele não gostaria de dividir a turma. Ele, então, imaginou que valeria a pena pesquisar experimentos de baixo custo na internet ou na biblioteca e pedir que os alunos realizassem alguns destes. Ele propôs então um revezamento: enquanto parte da turma utilizava os equipamentos do kit adquirido, outra parte realizava os experimentos de baixo custo.

Ele, então, utilizou alguns experimentos vistos no canal do Manual do Mundo (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2016), como o "cabo de guerra eletrostático" (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2013), a "construção de um eletroscópio" (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2013b) e a "máquina de choques" (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2015).

Uma ocorrência interessante, que deixou o professor muito satisfeito, foi o fato de os conseguirem misturar os experimentos do kit com os de baixo custo. Por exemplo, utilizando materiais mais facilmente eletrizáveis do kit para vencer o "cabo de guerra" eletrostático, algo que logo se balanceou, uma vez que todos queriam usar os materiais do kit. Este fato ilustra que os alunos estavam pensando a respeito dos fenômenos observados a ponto de serem capazes de fazer este tipo de uso do conhecimento.

Agora, o professor obteve os resultados esperados. Os alunos estavam muito mais interessados e ativos, perguntando como poderiam eletrizar mais a bexiga para vencer no "cabo de guerra" eletrostático, ou como eles poderiam produzir faíscas, ao invés de só sentirem o choque da máquina de choques.

Assim, os investimentos por parte da escola na atualização do laboratório e a pesquisa do professor sobre experimentos de baixo

custo foram recompensados, por uma turma interessada e um resultado extremamente positivo, em termos de aprendizagem.

Avançando na prática

Uso de simuladores para lidar com conteúdos não aprendidos corretamente

Descrição da situação-problema

Um professor de física observou que seus alunos possuíam muita dificuldade na aprendizagem do tema “campos elétricos”, devido a uma certa deficiência no aprendizado de geometria analítica, onde eles deveriam ter compreendido o tema “vetores”, “produtos vetoriais” e “produtos escalares”, por exemplo. Ocorreu uma troca de professores no meio do período letivo e, por alguma razão, isto ocorreu de forma desorganizada, causando um erro de cronograma que fez esse tema não ser abordado integralmente.

Essa dificuldade estava inviabilizando o estudo de campos elétricos de sistemas com diversas cargas elétricas. Ele então pediu ajuda ao professor de matemática e juntos prepararam uma aula sobre geometria analítica. Os resultados foram bons, mas aquém do esperado, uma vez que a aula foi uma medida paliativa e não conseguiu compensar o estudo devido do tema, que requer muita reflexão sobre o conteúdo, para possibilitar uma melhor compreensão e intuição sobre o comportamento dos vetores.

Como viabilizar o ensino de campos elétricos com essa deficiência na aprendizagem?

Resolução da situação-problema

Após ver que, mesmo depois da aula, os alunos ainda apresentavam muita dificuldade para entender os conceitos de superposição dos campos elétricos (que diz que o campo elétrico total em um determinado ponto é igual à soma vetorial dos campos individuais), o professor julgou que este seria um bom momento para recorrer a simuladores capazes de mostrar os resultados dos cálculos de uma forma visual, viabilizando o aprendizado desse

tema mesmo com as deficiências citadas.

Para isso, foi utilizado o simulador disponibilizado pela Universidade de Colorado Boulder (2016) disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html>. Acesso em: 26 nov. 2016. Nesse simulador, é possível distribuir cargas elétricas na tela e ver a distribuição do campo elétrico gerado, desenhar equipotenciais elétricos e ver o campo elétrico resultante em vários pontos da tela.

O professor levou os estudantes para a sala de computadores, e todos tiveram a oportunidade de utilizar o simulador, seguindo orientações simples. Depois, em sala de aula, o professor resolveu na lousa um exercício, que envolvia o princípio da superposição, e deixou o restante da aula para que eles pudessem resolver um exercício similar, em grupos.

Faça valer a pena

1. Quando falamos de eletrostática, muitas vezes pensamos diretamente na Lei de Coulomb, que descreve a força elétrica produzida por uma carga pontual. No entanto, seus resultados podem ser estendidos para distribuições de cargas de grande complexidade.

Que característica do campo elétrico permite o uso da Lei de Coulomb para distribuições de carga?

- a) Capacidade indutiva.
- b) Caráter isolante ou condutor do material.
- c) Princípio da superposição.
- d) Possibilidade de ser atrativo ou repulsivo.
- e) Possibilidade de indução por atrito.

2. Avalie as duas afirmativas abaixo, e a relação causal indicada entre elas:

I. A utilização de kits de laboratórios prontos, disponíveis no mercado, é suficiente para garantir o aprendizado,

POIS

II. eles são projetados para facilitar a visualização dos efeitos que se deseja observar.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação correta.

- a) As duas afirmações estão corretas e a segunda explica a primeira.
- b) As duas afirmações estão corretas, mas a segunda não explica a primeira.

- c) A primeira afirmação está incorreta e a segunda afirmação está correta.
- d) A primeira afirmação está correta e a segunda afirmação está incorreta.
- e) As duas afirmações estão incorretas.

3. Ao estudarmos os campos elétricos e a Lei de Coulomb, um desafio surge devido à natureza vetorial dos campos e da força que eles exercem. Este conceito está presente em vários outros campos da física, como a mecânica. Entretanto, em eletromagnetismo os alunos apresentam uma maior dificuldade de manipular este conceito.

Qual das opções abaixo apresenta uma possível explicação para essa dificuldade?

- a) Falta de fenômenos cotidianos envolvendo forças eletrostáticas fáceis de observar diretamente.
- b) A escala de intensidade da força eletrostática, que a torna imperceptível no dia a dia.
- c) O fato de os materiais, que apresentam fenômenos eletrostáticos, serem raros.
- d) A necessidade de cargas altíssimas para contrabalancear o efeito gravitacional.
- e) O fato de a matéria ser neutra, não apresentando efeitos eletrostáticos.

Seção 2.2

Circuitos elétricos

Diálogo aberto

Na seção anterior, vimos que um professor de física foi encarregado de modernizar o laboratório de ensino de eletromagnetismo de uma escola, e que contava com recursos disponíveis, para realizar esta modernização. O professor, inicialmente, optou por comprar kits de laboratório prontos. No entanto, ele percebeu que o mais importante para o aprendizado era a participação dos alunos, então, na continuidade de seu projeto, deu mais atenção para a possibilidade dos experimentos de baixo custo, aumentando as possibilidades de participação dos alunos e melhorando a aprendizagem deles. O “cabo de guerra” eletrostático, o eletroscópio e o gerador de Van de Graaff fizeram muito sucesso.

Agora, o professor deve modernizar a parte de circuitos elétricos do laboratório. Novamente, ele estudou e realizou o orçamento dos kits prontos, disponíveis no mercado, também das opções de baixo custo, além das novidades e inovações do ensino desta área, que está em constante transformação, sempre com novas tecnologias e cada vez mais econômica.

Como ensinar circuitos elétricos hoje em dia? Qual o caminho para enfatizar a participação dos alunos e a experimentação? Os experimentos podem ser de baixo custo sem perder a sua essência? Como contextualizar com o cotidiano dos estudantes, utilizando circuitos simples e reproduzíveis? Que decisões o professor de nossa história tomará?

Não pode faltar

O que é um circuito elétrico? Podemos descrever um circuito elétrico como um caminho a ser percorrido pelos elétrons, normalmente definidos por fios condutores que delimitam esse caminho. O movimento dos elétrons, nos materiais, normalmente é aleatório e não segue uma determinada direção. No entanto, quando se fornece tensão elétrica ao circuito (por exemplo, com uma bateria ou a rede elétrica externa), um campo elétrico é gerado no material

condutor, influenciando o movimento dos elétrons, que passam a se mover de modo análogo a um fluido, indo da região com menor potencial para a região com maior potencial.

O comportamento dos elétrons durante esse caminho vai depender dos componentes presentes no circuito. Alguns componentes podem causar dissipação de energia em calor, outros podem acumular cargas lentamente (protegendo as partes mais sensíveis do circuito de mudanças bruscas), como veremos mais adiante.

Uma possibilidade de contextualização no ensino desta área é tentar descrever o comportamento da corrente elétrica, e dos elétrons, em cada dispositivo, não apenas descrevendo-os através de fórmulas e símbolos. Por exemplo, podemos comparar a diferença de potencial elétrico de uma bateria com a diferença de potencial gravitacional de um plano inclinado.

Lembre-se de que a corrente elétrica convencional, que indicamos em nossos circuitos elétricos, é uma definição teórica, como se partículas de carga positiva estivessem em movimento no sentido oposto ao dos elétrons. No caso da bateria, a corrente elétrica convencional irá fluir naturalmente, através dos condutores da região de maior potencial elétrico para a região de menor potencial elétrico, do mesmo modo que corpos no plano inclinado tendem a deslizar da região mais alta (maior potencial gravitacional) para a região mais baixa (menor potencial gravitacional).

Um resistor ôhmico estabelece uma proporção constante entre a diferença de potencial aplicada ao resistor (V) e a corrente que passa por ele (I), levando à Lei de Ohm, descrita matematicamente na expressão $V = RI$.

Os elétrons, acelerados pela diferença de potencial, perdem energia cinética através de colisões com átomos dos condutores, levando à vibração desses átomos e à Lei de Joule, que descreve a potência (P) dissipada termicamente através de um resistor, na equação $P = RI^2$. Este princípio é a base de funcionamento de diversos tipos de aquecedores, como o chuveiro elétrico.

Essa mesma descrição clássica pode ser utilizada para contextualizar a fórmula empírica da resistência, que diz que esta é proporcional

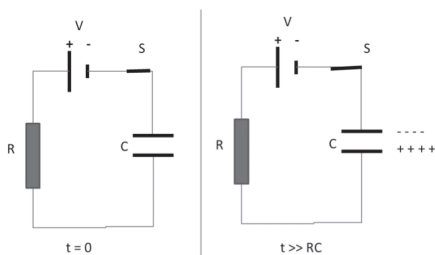
ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua seção transversal ($R = \rho \frac{L}{A}$). Aqui, podemos fazer uma analogia com a dificuldade de se atravessar um corredor com muitas pessoas. A dificuldade de atravessar é a resistência (R), a quantidade de pessoas é a resistividade (ρ – quanto mais pessoas no corredor, mais difícil atravessar), o comprimento do corredor é o comprimento do resistor (L – quanto mais longo o corredor, mais difícil atravessar) e a largura do corredor é a área transversal do resistor (A – quanto mais largo, mais fácil se desviar das pessoas e atravessar).

E como podemos descrever os capacitores? É possível descrever a ausência de condutor entre suas placas: como os elétrons, que são deslocados através da diferença de potencial para uma das placas, não conseguem seguir adiante, eles se acumulam lá e geram campo elétrico. Este campo elétrico irá, então, repelir elétrons da outra placa, deixando-a positiva, de modo a balancear os elétrons acumulados na placa negativa.

Outra característica interessante do comportamento de capacitores é que, quanto mais os elétrons se acumulam na placa negativa, mais essa placa repele elétrons, reduzindo a quantidade de elétrons conduzidos para ela pela diferença de potencial. Isso ocorre até o momento no qual a diferença de potencial do circuito não consegue mais aumentar o número de elétrons nesta placa (quando suas diferenças de potencial são iguais), e o capacitor passa a se comportar como um isolante.

Na Figura 2.4, podemos ver um circuito contendo um resistor (R), um capacitor (C), um interruptor (S) e uma bateria (V) em dois momentos: $t = 0$ e $t \gg RC$. Esse tipo de circuito é normalmente chamado de Circuito RC, em referência a resistor e capacitor.

Figura 2.4 | Exemplo de circuito elétrico contendo um capacitor e um resistor



Fonte: elaborada pelo autor.

Iniciando-se com o capacitor totalmente descarregado, no momento em que fechamos o interruptor ($t=0$) teremos um capacitor sem carga, portanto, não oferecendo nenhuma diferença de potencial para se opor à bateria. O capacitor funciona como um fio condutor, neste momento, e toda a diferença de potencial da bateria é balanceada no resistor. Conforme o tempo vai passando, desde que o interruptor foi fechado, as cargas vão se acumulando no capacitor e este começa a oferecer cada vez mais oposição à tensão da bateria, reduzindo, assim, a tensão, devido ao resistor. Até que, no caso limite, muito tempo após o fechamento do interruptor ($t \gg RC$), o capacitor acumulou o máximo de carga possível (que é aquela que se opõe totalmente à tensão da bateria). Nesse limite, nenhuma tensão do circuito se deve ao resistor, uma vez que nenhuma corrente está circulando pelo circuito, devido ao equilíbrio das tensões do capacitor e da bateria.

O tempo $t = RC$ é conhecido como tempo característico do circuito RC. Neste momento, o capacitor já atingiu cerca de 70% ($(1 - \frac{1}{e})$) da sua carga máxima. Esse valor costuma ser utilizado para estimar os tempos de carregamento e descarregamento de capacitores, em circuitos elétricos RC (que contêm resistores e capacitores).



Assimile

Lembre-se de não se limitar a descrever as fórmulas e as funções de cada componente eletrônico. Tente dar ênfase ao funcionamento dos componentes, descrever o comportamento microscópico das cargas, quando necessário, através de analogias. Por exemplo, a analogia entre o potencial elétrico e o potencial gravitacional, para produzir movimento nos elétrons e nas massas, respectivamente, ou ainda, a analogia entre a resistência elétrica e a dificuldade de se atravessar um corredor com muitas pessoas.

Lembre-se da importância da contextualização no aprendizado, no sentido de aproximar o funcionamento dos componentes ao cotidiano dos alunos, não apenas com a sua aplicação, mas ilustrando o seu funcionamento, de modo que lhes faça sentido. Se o conteúdo discutido for uma série de informações dispersas e que não façam sentido, ele será facilmente esquecido ou ignorado.

Descrever os fenômenos que permeiam os circuitos elétricos é um modo de aproximá-los da realidade do estudante. Outro modo, ainda

mais eficiente, para contextualizar o conteúdo visto em sala de aula, com o dia a dia dos estudantes, consiste em utilizar-se dos inúmeros circuitos presentes no cotidiano, gerando uma base comparativa e melhorando a compreensão desses circuitos. Por exemplo, ao invés de falar da potência elétrica como um conceito abstrato, associe isso à luz produzida por uma lâmpada incandescente, ao aquecimento da água em um chuveiro elétrico ou à relação entre aparelhos com alta potência (como chuveiro, ar-condicionado e forno elétrico) e seu impacto na conta de luz. Ou, ainda, associe os aparelhos que permanecem “ligados” (muitas vezes com alguma luzinha acesa) por um tempo, após serem desligados, com a presença de capacitores que estavam carregados e estão descarregando, e que, para isso, é necessário que o circuito possua resistores, afinal, a energia que estava nos capacitores deve ser dissipada de algum modo, normalmente, aquecendo-se os resistores. Essas são formas de contextualizar o conteúdo que está sendo ensinado, com exemplos palpáveis do dia a dia do estudante.

Um experimento interessante e de baixo custo, que pode ser realizado neste tópico, é a construção de uma bateria. Esse experimento, além do baixo custo, tem grande capacidade de estimular a curiosidade e contextualização, dado que o uso de pilhas e baterias é muito frequente na realidade do estudante, mas, ao mesmo tempo, seu funcionamento é desconhecido pela maior parte das pessoas. Outra sugestão é o uso desse experimento como direcionador para uma aula interdisciplinar, dado que muitas vezes o funcionamento de baterias é estudado nas aulas de química, enquanto seu uso em circuitos é estudado em aulas de física.

Uma bateria consiste de dois componentes (chamados eletrodos) que reagem quimicamente com um meio (chamado eletrólito). Entre esses dois eletrodos ocorre um fluxo de cargas, por meio de íons, que são, em geral, átomos que receberam ou cederam elétrons, deixando então de ser eletricamente neutros. Os materiais utilizados precisam possuir uma energia de ligação menor depois da troca de elétrons, podendo assim liberar energia, causando o movimento dos elétrons e disponibilizando energia para o funcionamento do circuito elétrico ligado.

A construção de uma bateria eletroquímica é um processo

muito simples e permite o uso de diferentes materiais. Por exemplo, podemos utilizar moedas de cobre, arruelas de zinco ou parafusos galvanizados e conectá-las com água salgada, conforme pode ser visto no vídeo do Manual do Mundo Comunicação (2014), disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=19YS4KuiK_w>. Acesso em: 4 dez. 2016.

O processo de funcionamento de uma bateria eletroquímica é devido à diferença de energia de ligação química entre determinados átomos e seus estados reduzidos (com excesso de elétrons) ou oxidados (com perda de elétrons). Por exemplo, na bateria de zinco e cobre que citamos acima, o zinco é oxidado (se esfurecendo e se depositando no fundo da cuba de gelo) enquanto o cobre sofre redução (atraindo assim íons positivos que se depositam na superfície do eletrodo de cobre). Nesse processo, eles liberam energia, que se converte na diferença de potencial observada.



Refleta

Podemos substituir a água salgada por frutas cítricas ou batatas, entre outros materiais, como pode ser visto no vídeo. TECMUNDO. **Área 42:** como produzir energia elétrica com limões e outros ingredientes. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lv9yUAa19l4>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

O uso de simuladores computacionais é uma ferramenta extremamente útil para o ensino de circuitos elétricos. Novamente, podemos citar o PhET Interactive Simulations, disponibilizado pela Universidade de Colorado Boulder (2016c) em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits>>. Acesso em: 4 dez. 2016. Dentre os diversos simuladores aqui presentes, podemos dar destaque ao "Circuit Construction Kit (AC + DC) Virtual Lab". Este simulador oferece os componentes elétricos típicos (resistores, capacitores, baterias e medidores, entre outros) para simulação de circuitos simples, além de mostrar detalhes interessantes, como o movimento das cargas elétricas, a intensidade da luz emitida pelas lâmpadas e a carga nas placas dos capacitores.

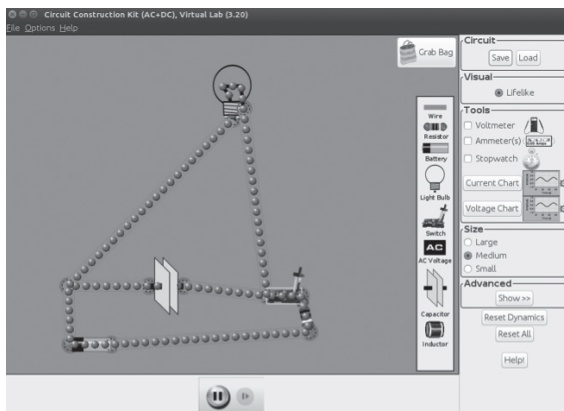


Exemplificando

Um exemplo de circuito possível de construir, utilizando a ferramenta acima, é a combinação de capacitores, baterias e lâmpadas para mostrar

o carregamento e descarregamento de um capacitor, enquanto a lâmpada mostra a intensidade da corrente. Um esquema ilustrativo é mostrado na Figura 2.5.

Figura 2.5 | Exemplo de circuito simulado no PhET



Fonte: elaborada pelo autor.

Um experimento muito interessante, por sua interatividade, é o Labirinto Elétrico. A construção deste experimento pode ser vista no vídeo produzido pelo Manual do Mundo Comunicação (2012b), disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=D4KakrCVal0>>. Acesso em: 4 dez. 2016. Uma vez montado o aparato, o desafio aqui é levar uma das pontas do circuito até o outro lado sem tocar no caminho, fechando então o circuito.

Os conceitos que aparecem no Labirinto Elétrico são básicos e servem para ilustrar, de forma interativa, algumas coisas, por exemplo, os componentes fundamentais de um circuito elétrico (fontes de tensão, condutores) e a diferença de um circuito aberto ou fechado.

Outro experimento bem simples e de baixo custo é apresentado por Laburú e Silva (2003). Utilizando materiais tão simples quanto grafites de lapiseira, eles descrevem a construção de um reostato, que é um resistor com resistência ajustável, no contexto de se estudar a resistência de um resistor ôhmico. Além disso, eles propõem a discussão sobre potência elétrica, utilizando lâmpadas e associações de resistores.

Uma vez que são utilizados pedaços de grafite de lapiseira como resistores, torna-se possível testar diversas associações de resistores, tanto em série quanto em paralelo. Aqui, seria possível utilizar um multímetro para medir os valores das tensões e correntes, passando por diferentes partes do circuito, verificando (e, talvez, até mesmo obtendo) as relações associadas ao conceito de resistores equivalentes.

Uma boa discussão apresentada nesse artigo diz respeito à razão pela qual os efeitos da variação de comprimento na resistência são medidos no grafite, mas não no cobre. Esta é uma boa discussão sobre como a escolha de materiais pode influenciar os resultados dos experimentos e sobre o que é possível se observar. Isso é algo muito importante, sempre que algum componente de qualquer experimento for substituído, por qualquer razão.

Com a constante redução dos custos de componentes eletrônicos mais complexos (como microcontroladores e sensores) e o acesso ao conhecimento de linguagens de programação, promovido pela internet, inúmeros projetos de circuitos programáveis estão sendo disponibilizados em diversos blogs.

Plataformas programáveis de baixo custo, como o Arduino, permitem a construção de circuitos programáveis capazes de integrar diversos sensores e componentes e, assim, executar tarefas de diversos graus de complexidade, de modo simples. O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento livre para dispositivos eletrônicos, de fácil utilização. As placas Arduino podem ser ligadas a sensores (botões pressionados, sensores de luz ou temperatura etc.), de modo a produzir efeitos definidos através de programação, como acender luzes, ativar motores ou escrever um arquivo. Os mais variados exemplos de projeto podem ser encontrados em sites na internet.

Juntamente com essa redução nos custos e maior facilidade de uso destas plataformas programáveis, crescem as iniciativas de seu uso com fins didáticos, e pesquisas vêm sendo realizadas para estudar os benefícios do uso desse tipo de tecnologia no ensino médio.



Pesquise mais

O artigo publicado por Martinazzo et al. (2014) apresenta uma proposta do uso do Arduino associado a sensores, para realizar aquisição de dados

em experimentos de física. Vale ressaltar que, dois dos autores deste artigo eram alunos de ensino médio contemplados com bolsas de iniciação científica, no momento da publicação. A aquisição de dados apresentada nesse artigo permite uma discussão relevante sobre precisão, erro e aspectos de estatística básica, associada com análise de dados experimentais.

Outra referência, que também trata sobre o uso do Arduino no ensino médio, é a dissertação de mestrado de Fernandes (2015). Nesta dissertação, são apresentadas diversas abordagens para o ensino de circuitos elétricos, inclusive experimentos utilizando o Arduino, onde até mesmo os códigos computacionais são disponibilizados.

Um projeto disponível em diversos sites da internet e muito interessante, que também utiliza o Arduino, é o Robô Seguidor de Linha. Esse projeto consiste basicamente de um robô, semelhante a um carrinho de controle remoto, que anda de forma autônoma, seguindo uma trajetória marcada por uma linha, por exemplo: fita adesiva na superfície de uma mesa. Este robô ainda possui a habilidade de desviar de obstáculos, também de forma autônoma. Esse projeto é mais complexo que os citados anteriormente, mas é muito interessante para ilustrar as possibilidades do Arduino. Uma explicação bem detalhada do funcionamento e montagem do robô seguidor de linhas está disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KY-BdZ-YDMI>>. Acesso em: 6 dez. 2016.

A execução desse projeto exige programação e uma série de passos, não sendo indicada para realização em sala de aula, mas sim como uma atividade extraclasse. É, também, uma boa alternativa para ser apresentado em uma feira de ciências, onde ocorre a exposição de projetos escolhidos e desenvolvidos pelos alunos, normalmente sobre temas abordados em sala de aula.



Assimile

O aprendizado e o uso de projetos didáticos utilizando-se de componentes eletrônicos mais avançados, como microcontroladores e sensores, abre espaço para uma discussão sobre esses equipamentos, que constituem a maioria daqueles que estão presentes no nosso cotidiano. Atualmente, é difícil apontar equipamentos que utilizem apenas resistores, capacitores e baterias. Com o uso de indutores (que veremos na próxima seção), esse número aumenta muito, mas, ainda assim, esse número continua pequeno, quando comparado ao número de equipamentos que fazem uso de controladores para definir seu comportamento, em função de condições lógicas predefinidas ou do uso de variáveis digitais.

Sem medo de errar

O professor de física encarregado de modernizar a parte de eletromagnetismo de sua escola já modernizou a parte de eletrostática. Agora, precisa trabalhar com a parte de circuitos elétricos.

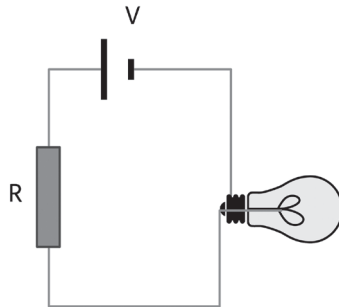
Nesse caso, existe uma série de componentes necessários para se montar um laboratório de ensino, por exemplo: resistores, capacitores, baterias, protoboards (placas onde os circuitos são montados) e medidores (multímetros). Um investimento inicial é necessário, mas, uma vez que se tenha os componentes, uma imensa variedade de circuitos poderá ser produzida.

Além disso, o professor decidiu incluir alguns kits Arduino no laboratório, para permitir que os alunos construam sistemas eletrônicos mais sofisticados. Ele julgou que isso pode ter um grande impacto no estímulo à curiosidade dos alunos, estimular o interesse na programação de computadores, além de abrir a possibilidade de desenvolvimento de projetos com utilidade no cotidiano dos alunos e da escola, como o uso de sensores de luz e movimento.

Mas, para se manter alinhado com a priorização da participação dos alunos na construção dos experimentos, ele pesquisou montagens de baixo custo e com resultados interessantes. Dentre as que mais chamaram sua atenção, encontrou uma construção de baterias (utilizando cobre, parafusos galvanizados e água com sal) e um reostato, utilizando grafite de lapiseira (além de seu uso, podia-se combinar os pedaços de grafite de diversos modos diferentes, para se produzir associações em série e em paralelo, de resistores).

Por exemplo, utilizando o circuito apresentado na Figura 2.6, onde estão ligados em série uma bateria, um resistor e uma pequena lâmpada incandescente, ao substituir o resistor R por diferentes resistores e associações, é possível ver o efeito resultante na luz produzida pela lâmpada. Quanto mais energia for dissipada pelos resistores, mais fraca é a luz emitida. Além disso, os alunos eram capazes de medir a diferença de potencial em cada resistor, utilizando um multímetro e, assim, estabelecer relações entre as diferentes configurações e a potência emitida pela lâmpada. Com o kit de laboratório adquirido, inúmeros circuitos elétricos interessantes podem ser construídos.

Figura 2.6 | Exemplo de circuito elétrico utilizado



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma aula, em especial, lhe agradou. Ele iniciou a aula mostrando um vídeo da internet, onde um rapaz recarregava o próprio celular utilizando um limão, um assunto que viralizou na internet. Em uma das versões, a pessoa pluga os terminais do próprio carregador do celular nas duas partes de um limão cortado ao meio. Logo em seguida, ele debateu com os alunos se eles acreditavam na veracidade do conteúdo do vídeo. Neste momento, o professor de química entra na sala (conforme os professores haviam combinado previamente) e explica o funcionamento de uma bateria. A versão mostrada no início da aula era obviamente falsa.

Ao fim da explicação, eles perguntam novamente aos alunos se poderia ser possível carregar um celular utilizando-se um limão. O professor, então, mostra um segundo vídeo, onde são inseridos um prego e uma moeda no limão. Essa versão parece mais realista, pois obedece aos princípios explicados pelo professor de química. O professor convoca os estudantes a verificarem a experiência na prática. Então, montam o experimento, medem a tensão gerada e mostram que, com um limão, prego e cobre, conforme visto no vídeo, não seria possível recarregar um celular, uma vez que a tensão gerada é muito baixa. Ele explica que, utilizando-se de uma série de dezenas ou centenas de baterias de limão, teoricamente, seria possível carregar, ainda que um pouco, um celular. Mas, certamente, não seria tão fácil como mostra o segundo vídeo.

O professor está contente com o seu próprio aprendizado durante a montagem, e as atividades desenvolvidas nessa parte, e está cheio de ideias sobre como fazer na terceira e última parte do seu trabalho de modernização do laboratório.

Robô seguidor de linha, utilizando o Arduino

Descrição da situação-problema

Um professor bem experiente, lecionando em um curso de Eletrotécnica, decidiu tentar aprofundar os projetos trabalhados no seu curso. Ele reparou que, depois de tanto tempo, mesmo com tantas inovações da informática e a redução dos custos dos componentes eletrônicos, ele continuava utilizando, em suas aulas, os mesmos experimentos e projetos com os quais ele mesmo tinha aprendido, muitos anos antes.

Ele julgou que esta seria uma grande oportunidade para estimular os alunos e, também, para que ele mesmo aprendesse e atualizasse seus conhecimentos, interagindo com componentes e tecnologias mais recentes.

Mas como inovar assim? Onde ele poderia buscar projetos que fossem econômicos e possíveis de serem realizados em algumas aulas? Além disso, os projetos não poderiam ser muito complicados, uma vez que ele mesmo não tinha experiência com essas novas tecnologias.

Resolução da situação-problema

Após uma série de pesquisas na internet, o professor se convenceu de que uma tecnologia muito promissora era a plataforma Arduino, que parecia ser econômica e de fácil uso, além de possuir diversos projetos disponíveis gratuitamente na internet, que poderiam ser escolhidos para utilização em sala de aula.

Dentre os muitos projetos interessantes disponíveis, ele escolheu começar com o Robô Seguidor de Linha, conforme visto em RoboCore (2014). Ele, então, conversa com os diretores da sua escola, mostra os vídeos do robô em funcionamento, fala sobre os custos e lembra que estes equipamentos não são descartáveis, podendo ser utilizados por diversos grupos de alunos para a montagem de seus projetos. A escola, assim, compra alguns kits

necessários para a execução dos projetos.

Com a chegada do material, o professor monta sozinho um dos kits para aprender e ver os pontos de maior dificuldade. Então, fica satisfeito com a facilidade e a qualidade dos tutoriais disponíveis na internet. Ele faz algumas modificações no projeto, como a substituição do chassi original por um outro de madeira, para deixar o projeto ainda mais barato.

O professor expõe o projeto para os alunos e sugere a divisão deles em grupos, para uma competição de robôs ao fim do bimestre, sendo vencedor desta o robô que realizar os caminhos propostos em menos tempo. O professor se disponibiliza a ajudar os alunos quando necessário, mas informa que essa ajuda deveria ser feita em horário de aula, com os alunos presentes, para não favorecer nenhum grupo. Apesar do tempo extraclasse que o projeto irá consumir, os alunos acolhem, animados, a ideia. Afinal, eles iam construir um robô capaz de tomar decisão de movimento autônomo!

Faça valer a pena

1.



No começo dos estudos e observações sobre a corrente elétrica, os cientistas supunham que ela era constituída pelo movimento de um fluido elétrico positivo. Esse fluido se deslocaria fora da pilha, do seu polo positivo para o negativo, ou seja, contra o sentido dos elétrons. Após vários anos, mais precisamente no século XX, os cientistas verificaram que nos metais a corrente elétrica estava relacionada ao movimento dos elétrons, contudo eles já estavam habituados com o sentido de corrente de cargas positivas. (MUNDO EDUCAÇÃO, 2016)

No texto acima, vemos que, no começo dos estudos sobre corrente elétrica, os cientistas faziam uma analogia entre seu comportamento e o de um fluido positivo. Sobre o uso de analogias no ensino de física, podemos dizer que:

- Analogias devem ser evitadas, uma vez que induzem noções erradas pertencentes apenas a um dos sistemas.
- Analogias podem ser utilizadas para contextualizar conhecimentos, ao comparar o comportamento de sistemas menos comuns com aqueles mais presentes.
- Analogias devem ser evitadas, porque tentam relacionar sistemas que

não possuem relação.

d) Analogias devem ser utilizadas quando o sistema estudado for muito presente no cotidiano do estudante.

e) Analogias podem ser utilizadas quando o conteúdo for de fácil contextualização histórica.

2. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Um experimento que utiliza grafite de lapiseira como resistor é um bom exemplo de experimento de baixo custo, capaz de abordar diversos temas,
PORQUE

II. o grafite pode ser utilizado de diversas formas, permitindo-se estudar, por exemplo, a Lei de Ohm e associações de resistores.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não explica a I.

b) As duas afirmativas são falsas.

c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.

d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.

e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

3. Plataformas programáveis de baixo custo permitem a construção de circuitos programáveis, capazes de utilizar sensores e componentes eletrônicos de um modo simples, para executar tarefas de diversos graus de complexidade.

Sobre o uso de microcontroladores programáveis em sala de aula, é possível dizer que:

a) Seu uso deve ser incentivado, pois é uma boa ferramenta para estimular os estudantes, tanto através da construção de sistemas eletrônicos mais interessantes, quanto através da curiosidade.

b) Seu uso deve ser evitado, pois seus custos são proibitivos.

c) Seu uso deve ser evitado, pois possuem um grande foco na programação e não na eletrônica.

d) Seu uso deve ser incentivado, pois devemos sempre nos adequar às novas tecnologias.

e) Seu uso deve ser evitado, pois existe grande quantidade de projetos prontos na internet.

Seção 2.3

Eletrromagnetismo

Diálogo aberto

Na seção anterior, participamos da segunda parte da modernização do laboratório de ensino de eletromagnetismo, em uma determinada escola. Inicialmente, este professor optou por só comprar kits de laboratório de ensino prontos, mas, depois, percebeu que era mais efetivo priorizar o envolvimento dos alunos e acabou utilizando, de modo complementar, os experimentos de baixo custo e os kits.

Na parte de circuitos elétricos, também foram utilizados experimentos de baixo custo, como o caso das baterias de limão, prego e moeda, mas ele julgou que um investimento em equipamentos mais profissionais e com melhor durabilidade seria importante, uma vez que estes equipamentos seriam reutilizados por diversas turmas, na montagem dos circuitos elétricos.

Chegamos agora à última parte do laboratório a ser modernizada: a parte de eletromagnetismo, que estuda a relação entre eletricidade e magnetismo e está por trás de várias das tecnologias mais presentes no nosso cotidiano, como os motores elétricos (em geladeiras e ventiladores), os transformadores (presentes em quase todos os carregadores de celulares e computadores) e os geradores (que permitiram a crescente produção e popularização da eletricidade).

Nesse caso, qual das estratégias utilizadas anteriormente é mais adequada? Será possível realizar experimentos de baixo custo? Será necessário investir em materiais mais caros? Como trabalhar a contextualização desse tema?

Não pode faltar

O ensino de eletromagnetismo normalmente se encerra com a discussão das relações entre a eletricidade e o magnetismo, após esses conceitos terem sido discutidos individualmente. Ensinar eletromagnetismo é muito gratificante, uma vez que encerra um grande tópico, unindo temas que pareciam dissociados inicialmente, mas que possuem uma relação muito profunda. Além disso, como

normalmente o eletromagnetismo é ensinado ao fim do ciclo de estudos, que começa com estudo da eletricidade (eletrostática e circuitos elétricos), seguido do estudo de magnetismo, a discussão das relações do eletromagnetismo não tem o problema de determinados conteúdos ainda não terem sido ensinados.



Pesquise mais

Uma vez que o ensino de eletromagnetismo encerra o tema no qual ele se inclui, este é um bom momento para uma revisão histórica. Neste momento, esta revisão permite posicionar no tempo os conteúdos, de um modo que os alunos conseguirão relacioná-los. Uma boa revisão histórica sobre eletromagnetismo pode ser encontrada no site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eletromagnetismo/material-suplementar/historia-do-eletromagnetismo/>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

Outra fonte interessante sobre a história do eletromagnetismo pode ser vista no episódio de número 10, *The electric boy*, da série televisiva *Cosmos: Uma odisseia no espaço-tempo* (COSMOS, 2014). Nesse episódio, a série conta a vida de um dos personagens centrais do eletromagnetismo, Michael Faraday, que descobriu a interação entre a eletricidade e o magnetismo, além de construir os primeiros geradores e motores elétricos, dentre outras importantes descobertas.

O ponto importante a ser considerado aqui é que correntes elétricas (cargas elétricas em movimento) podem gerar campos magnéticos, e, inversamente, variações no fluxo de campo magnético podem gerar correntes elétricas.

A mais interessante aplicação dos conteúdos do eletromagnetismo é perceber o modo como a energia mecânica pode ser convertida em energia elétrica e vice-versa. O que, muitas vezes, conduz a efeitos inesperados, como podemos ver no experimento “O tubo antigravidade (experiência de Física – magnetismo)”, apresentado pelo Manual do Mundo Comunicação (2013c). Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=_p1oV6sVpo4>. Acesso em: 9 de dez. 2016.

Nesse experimento, faz-se ímãs caírem por dentro de tubos de PVC e de cobre com o mesmo comprimento. Observa-se que o ímã que cai pelo interior do tubo de cobre leva muito mais tempo do que o esperado, o que é contrastado com o ímã que cai, normalmente, pelo tubo de PVC. Por que isso ocorre?

De acordo com a **Lei de Faraday**, quando ocorre a variação do fluxo magnético dentro de um circuito fechado, é gerado um potencial elétrico que produz corrente elétrica, chamada de corrente induzida.

Essa variação no fluxo magnético pode ser causada por diversos modos, por exemplo, aproximando-se e afastando-se um ímã de uma espira de material condutor, ou girando essa espira no interior de um campo magnético constante. Tudo isso dá origem a correntes induzidas.

Outro ponto importante, quando falamos de correntes induzidas, é a **Lei de Lenz**, que diz que o campo magnético produzido pela corrente induzida se opõe à variação de campo que o causou. Por exemplo, no caso de um ímã se aproximando de uma espira, o fluxo magnético está aumentando, logo, a corrente induzida tenta reduzi-lo, girando na direção que produz um campo magnético com sentido oposto ao campo do ímã. Caso este ímã estivesse se afastando, o fluxo estaria se reduzindo na espira, logo, a corrente induzida tentaria aumentá-lo, girando na direção que produziria um campo magnético com o mesmo sentido do campo do ímã.

Voltando ao nosso experimento do “tubo antigravidade”, o efeito observado ocorre porque: quando o ímã cai, ocorre a variação do fluxo de campo magnético em seu interior, induzindo correntes elétricas no tubo condutor (que funciona como um conjunto de espiras empilhadas). O ímã, então, cede parte da energia potencial gravitacional adquirida durante a queda para estas correntes, de modo que nem toda energia potencial gravitacional se converte em energia cinética. Isso torna a queda mais lenta, causando o efeito observado.

A energia cedida para as correntes induzidas é justamente a diferença entre a energia potencial gravitacional adquirida e a energia cinética observada quando o ímã sai do tubo, ou seja, esta informação é basicamente um problema de mecânica, não exigindo nenhum conhecimento de eletromagnetismo para sua resposta.

Saber o que ocorre com essa energia exige conhecimentos de eletromagnetismo, pois essa energia será responsável por induzir correntes que irão circular o tubo, e como o condutor possui uma resistência (ainda que pequena), ele irá esquentar, dissipando energia em forma de calor, devido ao **Efeito Joule**.

Esse efeito não é observado quando a queda se dá dentro do PVC, que, por ser isolante, não permite a formação das correntes induzidas e, conseqüentemente, não permite a dissipação de energia mecânica através delas.

Uma vez que esse efeito é totalmente inesperado, quando se ignoram os conteúdos do eletromagnetismo, e não é rotineiramente observado, ele possui uma grande capacidade de despertar a curiosidade. Sendo muito útil para promover um debate antes do conteúdo ser tratado em sala de aula, para observar os argumentos utilizados pelos alunos e seus conhecimentos anteriores.

Outra característica interessante desse experimento é que a importância do eletromagnetismo, neste problema, é explicar o fenômeno em si, não os cálculos. Os cálculos podem ser realizados utilizando-se apenas as observações e um pouco de mecânica, sem conhecimento prévio de eletromagnetismo. Mas, sem este conhecimento, as observações simplesmente mostram uma perda de energia aparentemente sem explicação.

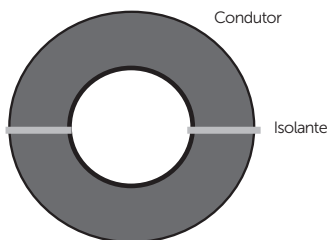


Refleta

No caso do experimento citado acima, o tubo antigravidade, quanta energia é transferida para as correntes elétricas induzidas? O que acontece com esta energia?

O que ocorreria se os ímãs caíssem em um tubo que tivesse sido cortado em duas metades de casca cilíndrica em forma de "U", unidas por um material isolante que impede o contato entre as partes condutoras (conforme pode ser visto na Figura 2.7)? E se usássemos condutores de pior ou melhor qualidade que o cobre?

Figura 2.7 | Tubo dividido em duas partes, em forma de "U", unidas por material isolante que impede contato entre as partes condutoras



Fonte: elaborada pelo autor.

A relação entre o movimento de campos magnéticos e a indução de correntes está associada a um dos produtos do eletromagnetismo mais presentes no nosso cotidiano: os motores elétricos. Motores elétricos estão presentes em ventiladores, geladeiras, liquidificadores e impressoras, por exemplo. Estão em todos os equipamentos que usam a eletricidade para produzir algum tipo de movimento.

Uma característica interessantíssima e com imenso potencial para atrair atenção e curiosidade, que surge quando estudamos motores elétricos, é a simetria observada na conversão de energia mecânica e elétrica. Esta simetria faz com que o mesmo mecanismo que utilizamos para converter energia elétrica em mecânica (motores elétricos) possa ser utilizado para converter energia mecânica em elétrica (geradores).



Exemplificando

Exemplos de experimentos envolvendo geradores e motores podem ser vistos no canal do Youtube do Manual do Mundo Comunicação (2016). Dentre eles, podemos sugerir alguns.

Sobre motores, podemos citar MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. **O motor mais simples do mundo: motor homopolar experiência.** 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pLbY5ykcGb0>>. Acesso em: 9 dez. 2016. O vídeo mostra como construir um pequeno motor elétrico, utilizando-se apenas de uma pilha, um ímã e fio de cobre.

Sobre geradores, podemos citar MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. **Como fazer um gerador de verdade com um DVD player experiência.** 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TyanOy7d-kQ>>. Acesso em: 9 dez. 2016. O vídeo mostra como construir geradores mecânicos que convertem a energia mecânica, do giro de uma manivela, em energia elétrica.

No canal do Youtube do Manual do Mundo Comunicações (2006), é possível encontrar inúmeras outras aplicações utilizando motores e geradores elétricos, várias delas bem simples e de utilidade prática, como a construção de um miniventilador. Vale a pena explorar um pouco o canal e garimpar algumas atividades bem legais.

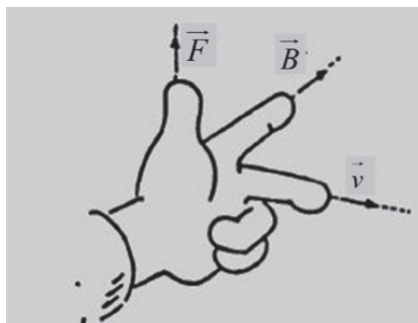
Como acabamos de ver, o eletromagnetismo apresenta inúmeras oportunidades para trabalhar com experimentos, muitos deles de baixo custo e com resultados muito interessantes. Mas, apesar dessa oportunidade para utilizar-se de experimentos, ensinar magnetismo apresenta uma dificuldade: sua estrutura matemática contendo um

produto vetorial, que envolve a velocidade das cargas.

A força magnética, \vec{F} , sobre uma carga (q) com velocidade \vec{V} , se deslocando em um campo magnético \vec{B} , é descrita pela Força de Lorentz: $F = q (\vec{v} \cdot \vec{B})$. Assim, só experimenta força magnética uma carga elétrica em movimento e, ainda, na condição de que o movimento não seja na mesma direção do campo magnético (pois, nesse caso, o produto vetorial é nulo).

Se os alunos já apresentam dificuldades ao trabalhar com vetores na eletrostática (onde a força de Coulomb é sempre radial, ou seja, na mesma direção da linha que liga o ponto da carga e o ponto onde a força é sentida), imagine na força magnética, que é perpendicular ao campo magnético e à velocidade da carga, onde basta inverter a ordem do produto para obtermos um resultado errado. Uma possibilidade para evitar este erro de sentido é utilizar a “Regra da Mão Esquerda”, conforme pode ser visto na Figura 2.8, que é apenas um modo de conferir as direções dos vetores em um produto vetorial.

Figura 2.8 | Ilustração da regra da mão esquerda



Fonte: adaptada de Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (1998, p. 68).

Devido a essa dificuldade matemática, atividades exploratórias (tanto em forma de experimentos, na forma de simuladores ou, simplesmente, na forma de exercícios discutidos) desempenham um papel fundamental, pois elas fornecem ao aluno um conjunto de informações sobre comportamentos esperados para os sistemas. Por exemplo, ao explorar a variação na direção do campo magnético ao redor de uma bobina, utilizando uma bússola, o aluno adquire um conhecimento que pode ser muito útil para questionar ou validar os resultados obtidos por seus cálculos. Afinal, se você observou um determinado comportamento e seus cálculos indicam um

comportamento diferente, talvez seja importante verificar os cálculos, ou, ainda, refletir sobre quais diferenças, entre os sistemas, que poderiam levar a resultados diferentes.

Nesse sentido, a bússola é um importante equipamento para um laboratório de eletromagnetismo, pois ela permite que os estudantes se convençam do fato de que, realmente, existem campos magnéticos em atividade.

Devemos lembrar que tanto nossos cálculos quanto nossas observações podem falhar, seja pela utilização de um sinal trocado, seja por esquecer de considerar uma característica do sistema estudado. De qualquer forma, os procedimentos devem ser consistentes quando aplicados a um mesmo sistema, afinal, como instituído pelo método científico, toda descrição da natureza deve ser verificada pela observação.



Exemplificando

Uma simulação bem completa, disponibilizada pela Universidade de Colorado Boulder (2016a), pode ser encontrada em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/generator>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

Essa simulação inclui diversas abas, cada uma com uma simulação própria:

- Bar Magnet – esta simulação, bem simples, apresenta uma tela com um ímã em forma de barra e uma bússola, que podem ser movidos pelo estudante, que pode também, então, observar as mudanças resultantes no campo magnético.
- Pickup Coil – apresenta um ímã e uma bobina ligada a uma lâmpada (ou a um voltímetro). O ímã pode ser movido pelo estudante, que pode, então, observar a corrente induzida e sua intensidade através da luminosidade da lâmpada.
- Electromagnet – apresenta uma bobina ligada a uma fonte de tensão, que pode ser contínua ou alternada. A corrente na bobina, as espiras e o campo magnético produzido podem ser observados pelo estudante nos diversos pontos da tela.
- Transformer – apresenta o funcionamento de um transformador. Possui duas bobinas, uma conectada a uma fonte de tensão (que pode ser contínua ou alternada) e outra conectada a uma lâmpada, de modo

que a tensão produzida pela corrente induzida na segunda bobina pode ser observada pelo estudante.

- Generator – apresenta um gerador simples formado por uma torneira, um ímã que gira (conforme a água cai sobre ele) e uma bobina ligada a uma lâmpada, que mostra a diferença de potencial produzida.



Refleta

Quais são as características da corrente alternada? E da corrente contínua? Como a corrente induzida é produzida nos geradores? Por que rede de energia elétrica utiliza corrente alternada? As correntes elétricas são transmitidas do mesmo modo dentro das nossas casas e em grandes distâncias ou possuem diferenças?

Na seção anterior, discutimos maneiras de produzir corrente contínua utilizando energia química (como nas pilhas e baterias). A característica básica da corrente contínua é que os elétrons fluem sempre na mesma direção.

Os geradores que convertem energia mecânica em energia elétrica, como os que estamos discutindo nesta seção, trabalham naturalmente bem com correntes alternadas, onde a direção da corrente muda com o tempo. Mas, seria este o principal motivo para utilizarmos correntes alternadas nas nossas casas?

Na verdade, o principal motivo para utilizarmos corrente alternada é reduzir a perda de energia durante a transmissão. Isto é feito ao reduzir a corrente de transmissão, mantendo uma altíssima tensão, necessária para manter a potência entregue. No entanto, ao chegar aos domicílios, a tensão é reduzida com o uso de transformadores, para reduzir os riscos oferecidos pela alta voltagem, que incluem descargas elétricas potentes.

Outro bom exemplo de contextualização dentro do assunto de eletromagnetismo são os meios de comunicação. Uma boa abordagem deste tema pode ser vista na parte sobre eletromagnetismo do livro do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (1998), Instituto de Física da USP. Essa parte do livro, que compreende do capítulo 30 ao capítulo 40, contém uma boa abordagem do eletromagnetismo contextualizando com os meios de comunicação:

telefone, televisão, câmeras, radiação eletromagnética, entre outros tópicos relacionados. Contém ainda, diversos experimentos de baixo custo, como uma explicação sobre a montagem de um rádio.



Pesquise mais

Os livros do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) são um bom exemplo de material didático. Não apenas a parte sobre eletromagnetismo que citamos aqui, mas também as partes sobre mecânica, óptica e física térmica.

Estes livros apresentam uma abordagem diferente sobre como conduzir o ensino de física, com ênfase na contextualização com o cotidiano do aluno, com perguntas que objetivam estimular a curiosidade do aluno e diversas atividades experimentais.

Além disso, as versões eletrônicas dos livros, voltadas para uso pelos alunos, estão disponíveis gratuitamente no site do GREF. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/>>. Acesso em: 11 dez. 2016. Além delas, existem também as versões impressas, que são voltadas para a utilização pelos professores.



Assimile

Como vimos ao longo desta seção, o eletromagnetismo é pleno de oportunidades para se aplicar as boas práticas de ensino que estamos discutindo desde o início deste livro. Ele apresenta muitas oportunidades para experimentos de baixo custo, contextualização com o cotidiano (equipamentos eletrônicos) e efeitos inesperados, que podem ser explorados para estimular a curiosidade dos alunos.

Sem medo de errar

Ao longo desta seção, acompanhamos o processo de modernização de um laboratório de ensino de física em uma determinada escola, especificamente a parte de eletromagnetismo. O professor encarregado dessa modernização começou com eletrostática e prosseguiu para o tema de circuitos elétricos, finalizando, agora, com o tópico de eletromagnetismo.

Durante esse processo, o professor começou com a opção de comprar kits de laboratório de ensino prontos, mas percebeu que, embora o laboratório da escola seja beneficiado com a variedade de experimentos e durabilidade dos equipamentos, esta estratégia, por

si mesma, não garantia a qualidade do ensino. Independentemente da boa qualidade do kit e da sua utilidade, era muito importante e efetivo priorizar o envolvimento dos alunos, incluindo-os no processo de montagem e discussão dos experimentos.

O mesmo foi realizado para a seção de eletromagnetismo, e o laboratório da escola foi equipado com kits de ensino que incluíam geradores, motores, transformadores, ímãs e bússolas, espiras e solenoides, para uso contínuo. Em paralelo, o professor fez uma pesquisa extensa sobre experimentos utilizando pequenos motores elétricos, ímãs e fios de cobre, que poderiam ser adquiridos pelos estudantes a baixíssimo custo, ou mesmo reaproveitados de equipamentos elétricos velhos encontrados na casa dos próprios estudantes. Assim, todos puderam trabalhar em seus próprios projetos, sozinhos ou em pequenos grupos, sob a tutela do professor.

Durante as aulas, foram utilizadas técnicas para estimular a curiosidade dos estudantes, como, por exemplo, iniciar a aula mostrando o “tubo antigravidade” (MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO, 2013c) e discutindo com os alunos as possíveis causas para aquele estranho efeito. Outra atividade voltada para promover o debate foi a demonstração, no início da aula, que o mesmo equipamento utilizado como motor (caso você fornecesse energia elétrica) poderia ser utilizado também como um gerador (caso você fornecesse energia mecânica, girando a manivela). Nessa atividade, foi utilizado um pequeno motor, primeiramente de modo semelhante ao visto no vídeo “Minigerador eólico – transforme vento em energia elétrica!”. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VKFpp1oljps>>. Acesso em: 9 dez. 2016. Em seguida, o mesmo motor era utilizado de modo semelhante ao vídeo “Como fazer um ventilador USB: miniventilador caseiro experiência + artesanato”. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5zjsj7g32OA>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

Um ponto em que os alunos apresentaram dificuldade foi o uso da Lei de Lenz. O professor, então, lembrou o experimento do “tubo antigravidade” e da possibilidade de utilizá-lo para falar também da Lei de Lenz.

Primeiramente, usando dois ímãs, o professor lembrou como eles podem se atrair, caso seus campos estejam apontando no mesmo sentido (campos paralelos), ou se repelir, caso estejam apontando

para sentidos opostos (campos antiparalelos). Ele então relembra que, no experimento, o ímã em queda era desacelerado, ou seja, que o campo produzido pela corrente induzida apontava na direção oposta à direção do campo do ímã. Com isso, os alunos adquiriram um referencial com o qual poderiam comparar as configurações possíveis das correntes induzidas e da Lei de Lenz.

Ao fim desse processo de modernização, os professores responsáveis pela modernização de cada parte fizeram uma apresentação, mostrando o que eles haviam feito e a razão de cada estratégia adotada. A modernização do laboratório, como um todo, foi considerada um sucesso, e os professores estavam empolgados e orgulhosos do trabalho desenvolvido; em especial, do efeito alcançado com os alunos nas etapas que foram sendo utilizadas como teste, enquanto eram implementadas.

Avançando na prática

Motores na indústria têxtil

Descrição da situação-problema

Durante uma aula sobre equipamentos utilizados na indústria têxtil, ministrada em uma faculdade tecnológica, uma aluna perguntou ao professor como funcionava o motor que fazia as engrenagens das máquinas funcionarem. O professor não estava preparado para aquela pergunta, mas recorreu aos seus conhecimentos de eletromagnetismo e respondeu à aluna: falou sobre como ímãs interagem com correntes elétricas, sobre a Lei de Faraday e a variação do fluxo magnético produzindo correntes induzidas.

No entanto, o professor percebeu, pela reação dos estudantes, que sua explicação não tinha sido suficiente para sanar a dúvida. Talvez a explicação não tenha sido suficientemente didática, talvez a base dos estudantes fosse fraca para compreender o tema nos termos apresentados. Mas, o importante é que ele não se deu por satisfeito e decidiu pesquisar algo para ilustrar melhor sua explicação, dando preferência a exemplos práticos. O ideal seria mostrar um motor bem simples, onde todas as partes poderiam ser vistas, permitindo que seu funcionamento pudesse ser facilmente compreendido.

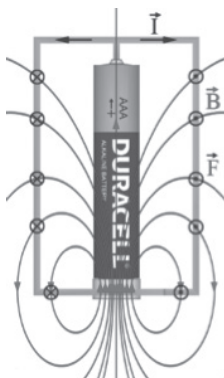
Resolução da situação-problema

Após alguma pesquisa, ele encontrou um vídeo do Manual do Mundo

Comunicação (2012b) chamado "O motor mais simples do mundo: motor homopolar experiência". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pLbY5ykGb0>>. Acesso em: 9 dez. 2016. E ficou admirado com a simplicidade do motor e decidiu montar um, além de apresentá-lo aos estudantes, no início da sua próxima aula.

Conforme pode ser visto na Figura 2.9: ao fechar o circuito, a pilha gera uma corrente elétrica que, ao passar pelo campo magnético do ímã, sente a força magnética, girando.

Figura 2.9 | Motor homopolar



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Motor_homopolar_flux_force.png>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Ele apresentou o motor e explicou seu funcionamento. Os alunos adoraram e fizeram diversas perguntas, por exemplo, se o ímã se descarregava ao transferir a energia para o movimento do aro. Ele respondeu que não, pois a energia vinha da pilha e não do ímã.

Dessa vez, o professor ficou satisfeito consigo mesmo, pois gostou da própria explicação e pôde perceber que os alunos haviam entendido os conceitos envolvidos no funcionamento do motor elétrico. Ele sabe que cresceu como profissional e que fez um bom trabalho, contribuindo para a formação de seus alunos.

Faça valer a pena

1. Quando deixamos um ímã em queda livre, dentro de um tubo de cobre ou dentro de um tubo de PVC de mesmo comprimento, podemos observar que o tempo de queda é muito maior no tubo de cobre que no tubo de PVC. Dentre as opções abaixo, qual explica melhor o fenômeno acima?
a) Ao atravessar o tubo de cobre, o ímã induz correntes elétricas,

perdendo assim parte da energia adquirida na queda.

b) Ao atravessar o tubo de cobre, o ímã produz atrito, perdendo assim parte da energia adquirida na queda.

c) Ao atravessar o tubo de PVC, o ímã é empurrado para baixo, caindo mais rápido que no tubo de cobre.

d) Ao atravessar o tubo de PVC, o ímã induz correntes elétricas, perdendo assim parte da energia adquirida na queda.

e) Ao atravessar o tubo de cobre, o ímã induz correntes elétricas, aumentando a energia adquirida na queda.

2. Quando a eletricidade é transmitida por longas distâncias, das regiões de produção até as regiões de consumo, é utilizada uma rede de alta tensão e baixa corrente. Ao chegar à rede doméstica, essa tensão é reduzida.

Sobre a questão da transmissão da eletricidade citada no texto base, é correto afirmar que:

a) A opção por utilizar uma alta tensão e baixa corrente nas transmissões de longa distância é para reduzir perdas de energia durante essa transmissão.

b) A opção por reduzir a tensão na rede doméstica é para facilitar o uso dos aparelhos eletrônicos.

c) A opção por utilizar alta tensão durante a transmissão de longas distâncias é devido a questões de segurança.

d) A opção por utilizar tensões menores na rede doméstica que na transmissão por longas distâncias é para reduzir o desperdício de eletricidade.

e) A opção por utilizar tensões menores na rede doméstica que na transmissão por longas distâncias é arbitrária, não possuindo justificativa.

3. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. O estudo de eletromagnetismo possibilita inúmeras oportunidades de contextualização no cotidiano,

PORQUE

II. a eletricidade permitiu o desenvolvimento de inúmeros equipamentos que se aproveitam das suas propriedades e permeiam nosso cotidiano.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não explica a I.

b) As duas afirmativas são falsas.

c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.

d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.

e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

Referências

- BALTHAZAR, Wagner Franklin; OLIVEIRA, Alexandre Lopes de. **Partículas elementares no Ensino Médio**: uma abordagem a partir do LHC. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro, Nilópolis, 2010. Disponível em: <http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5299>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- COSMOS: Uma odisséia no espaço-tempo. [s.l.]: Cosmos Studios, Fuzzy Doors Productions e Santa Fe Studios, 2014.
- EDITORA MELHORAMENTOS LTDA. **Michaelis Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa**. 2016. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=eletrostática>>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- FERNANDES, Moacir Borges. **Eletricidade**: uma sequência didática para o ensino médio integrado. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015. Disponível em: <<http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/mpec/files/2015/03/ProducaoEduacional-MoacirBorgesFernandes.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2016.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (São Paulo). **Leituras de Física - Eletromagnetismo**. 1998. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- KUBER, Priya. **Diy less-expensive thermal imaging camera**. 2012. Disponível em: <<https://blog.arduino.cc/2012/10/25/diy-less-expensive-thermal-imaging-camera/>>. Acesso em: 5 dez. 2016.
- LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura. Reostatos de grafite (um experimento simples e de baixo custo). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 235-240, dez. 2003. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewFile/421/570>>. Acesso em: 5 dez. 2016.
- MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. **A bateria mais simples do mundo**: bateria de forminha de gelo. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=19YS4KuiK_w>. Acesso em: 4 dez. 2016.
- _____. **Aprenda a fazer uma máquina de choques caseira**. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Lxe4FAI-g6s>>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- _____. **Cabo de guerra elétrico - experiência de Física**. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Yndkm5VB4I0>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- _____. **Como fazer um gerador (de verdade) com um DVD player (experiência)**. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TyANOy7d-kQ>>. Acesso em: 9 dez. 2016.
- _____. **Como fazer um ventilador USB (miniventilador caseiro) (experiência + artesanato)**. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5zjsj7g32OA>>. Acesso em: 9 dez. 2016.
- _____. **Detector de elétrons caseiro (eletroscópio - experiência de Física)**. 2013.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qAsesJkyZ4Q&t=12s>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

_____. **Labirinto elétrico (experiência de Física - feira de ciências)**. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=D4KakrCVaI0>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

_____. **Palitos de fósforos magnéticos**. Canal de vídeos. Início em 2006. Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/iberethenorio>>. Acesso em: 28 out. 2016.

_____. **Minigerador eólico - transforme vento em energia elétrica!** 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VKFpp1oljps>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

_____. **O motor mais simples do mundo (motor homopolar) (experiência)**. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pLbY5ykcGb0>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

_____. **O tubo antigravidade (experiência de Física - magnetismo)**. 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_p1oV6sVpo4>. Acesso em: 9 dez. 2016.

_____. **Pêndulo fantasma elétrico (experiência de Física)**. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LyUJVJYxOEs>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio et al. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21-30, set. 2014. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Corrente elétrica**. 2016. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/corrente-eletrica.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2016.

ROBOCORE. **Robô Seguidor de Linha Completo**. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KY-BdZ-YDML>>. Acesso em: 6 dez. 2016.

UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER. **Charges and fields**. 2016. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html>. Acesso em: 23 nov. 2016.

_____. **Generator**. 2016. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/generator>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

_____. **PHET Interactive Simulations**. 2016. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **História do eletromagnetismo**. 201-?. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eletromagnetismo/material-suplementar/historia-do-eletromagnetismo/>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

Ensino de termodinâmica e mecânica de fluidos

Convite ao estudo

Olá! Na última unidade, vimos diversos modos de se utilizar experimentos de baixo custo em um contexto de ensino de eletromagnetismo. Eles foram usados para estimular a curiosidade do estudante e ajudá-lo a adquirir familiaridade com os conteúdos estudados. Vimos também a importância didática da contextualização dos conteúdos, através de analogias e da aproximação dos conteúdos abordados com o cotidiano do estudante.

Nesta unidade, falaremos sobre diversos tópicos relacionados ao ensino de termodinâmica e mecânica de fluidos. Veremos a importância da flexibilidade para se adaptar às mudanças e tentar melhorar o ambiente ao redor; da curiosidade para sempre continuar aprendendo; e da comunicação para estimular a criatividade através da troca de ideias. Também, veremos a aplicação das boas práticas de ensino vistas na primeira unidade no contexto do ensino de termodinâmica e mecânica de fluidos; e exemplos de contextualização do conteúdo utilizando equipamentos cotidianos, experimentos de baixo custo e seu uso para estimular a curiosidade do aluno.

Nesta unidade, veremos como um professor de uma determinada escola de ensino médio remodelou seu modo de ensinar após discutir com um grupo de estudantes, na saída de uma avaliação. Os alunos criticaram o modo que a Física era ensinada, muito baseado na transmissão de conhecimento do professor, sem muita participação dos alunos. Os exercícios feitos em casa eram muitas vezes repetitivos, e alguns muito difíceis, de modo que eles não sabiam nem por onde começar. Por fim, um foco muito grande na apresentação de fórmulas, que eles, na maioria das vezes, não compreendiam.

O que você faria se fosse confrontado com uma situação assim? Ficaria irritado com os estudantes? Ou aproveitaria a oportunidade para refletir, aprender e crescer profissionalmente?

O professor de nossa história decidiu pesquisar sobre novas metodologias de ensino, além disso, ele também optou por tentar melhorar as atividades desenvolvidas em casa pelos alunos. E, é claro, trabalhará em novos métodos de avaliação, para atender a principal solicitação dos estudantes, e para que se adaptem bem aos próximos temas lecionados pelo professor, que serão a Mecânica de Fluidos e a Termodinâmica.

Na presente unidade, voltaremos a discutir metodologias do ensino de Física aplicadas em cada tópico, dando ênfase a conceitos relacionados à avaliação. Seção 3.1 – Mecânica de Fluidos –, onde veremos o que é um fluido e como eles se comportam; Seção 3.2 – Temperatura e Calor –, onde abordaremos os processos de transferência de calor e, na Seção 3.3 – Energia e Máquinas Térmicas – veremos a energia em diversas formas e processos de conversão de energia em máquinas.

Você está pronto para o desafio?

Seção 3.1

Mecânica de fluidos

Diálogo aberto

Após uma avaliação de mecânica de fluidos e termodinâmica, um grupo de alunos que não teve um bom desempenho procurou o professor para conversar. Eles falaram sobre o modo que a disciplina era ensinada, que era muito baseado na transmissão de conhecimento do professor e em fórmulas matemáticas, que não havia muita participação dos alunos e que isso fazia com que eles perdessem a motivação e não aprendessem o quanto poderiam.

Inicialmente, o professor se sentiu um pouco chateado, afinal, seus alunos estavam criticando o modo como ele dava aula há tantos anos. Mas, após refletir um pouco, ele concluiu que esta poderia ser uma ótima oportunidade para ele se atualizar, pesquisar novas metodologias e experimentá-las.

Afinal de contas, o objetivo das aulas deve ser promover o aprendizado dos alunos e se adaptar às necessidades deles.

Com isso em mente, o professor começa a pesquisar as metodologias e encontra muito material disponível. Ele lê sobre a importância do uso de experimentos, de estimular a curiosidade do aluno, de facilitar o protagonismo do aluno no próprio aprendizado. Ele também busca mostrar que as fórmulas matemáticas são representações dos fenômenos que eles observam em seu dia a dia, e devem ser compreendidas, e não meramente decoradas.

Mas, então, surgem as dúvidas: será que esses princípios são aplicáveis no ensino de mecânica de fluidos? Os experimentos não seriam custosos? Como adaptar sua aula a essas novas ideias?

Para que você possa responder a essas perguntas, na seção atual, veremos quais são os principais desafios no ensino de mecânica de fluidos, suas inovações e diversos exemplos de experimentos.

Não pode faltar

Estudaremos agora algumas boas práticas pedagógicas e sugestões para o ensino de mecânica de fluidos. Mas, primeiramente, o que é um fluido?

Segundo o Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa Michaelis Online (EDITORA MELHORAMENTOS LTDA., 2017), uma das definições de fluido é: "Qualquer substância que, em razão da pouca adesão das moléculas entre si, flui como os líquidos e os gases e não apresenta forma independente, cedendo facilmente às mudanças de forma provocadas pela pressão do recipiente ou do espaço em que se encontra."

Essa facilidade de deformação leva a uma importante característica dos fluidos: sua capacidade de tomar a forma do recipiente que o contém. Por exemplo, ao passarmos a água (que é um exemplo de fluido) de uma garrafa para um copo, a água que antes possuía a forma da garrafa passa a apresentar a forma do copo.

Ainda na definição do dicionário, são citados como exemplos de fluidos os líquidos e os gases, que são os exemplos mais comuns no nosso cotidiano. Mas podemos citar ainda outros exemplos, alguns também presentes no nosso cotidiano (como os cremes e pastas) e outros mais distantes do nosso dia a dia, como o plasma (estado da matéria semelhante ao estado gasoso, mas que apresenta os elétrons dissociados dos núcleos (TEIXEIRA, 2017)), que é abundante no Sol e no Universo.

Gases são um tipo interessante de fluido, pois, além da capacidade de deformação típica dos fluidos, eles apresentam a capacidade de mudar substancialmente o próprio volume, diferentemente dos líquidos que apresentam pequenas variações de volume. Isso ocorre devido à diferente intensidade das Forças Intermoleculares (ou Forças de Van der Waals). Nos líquidos, essas forças são mais intensas e tendem a manter as moléculas a uma certa distância das suas vizinhas, impedindo assim variações bruscas de volume sem mudança de estado, tornando-os menos expansíveis ou compressíveis que um gás.

Já os gases possuem interações intermoleculares muito fracas, tornando suas moléculas praticamente independentes umas das

outras e se movimentando livremente até atingir as paredes do recipiente. Isso permite que os gases não se adaptem apenas à forma do recipiente, mas também ao seu volume, ocupando todo o espaço disponível.



Refleta

O que ocorreria se colocássemos uma pedra (que não é fluido) dentro da seringa e pressionássemos o êmbolo? E o que ocorre no caso do fluido? Qual a razão disso?

Para iniciar nossos estudos sobre mecânica de fluidos, devemos começar introduzindo um conceito fundamental nesse campo de estudos: a densidade. A densidade é uma característica da matéria e é definida pela razão entre a massa e o volume de um corpo. Ou seja,

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

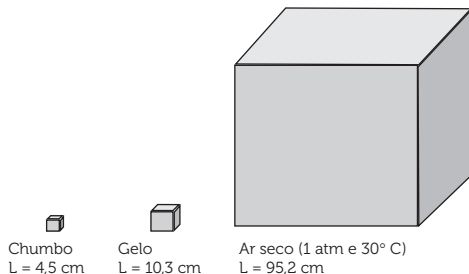


Exemplificando

Devemos atentar para o fato de que a densidade de um corpo depende tanto da sua massa, quanto do seu volume.

Por exemplo, se compararmos um quilo de chumbo com um quilo de gelo, ou mesmo um quilo de ar (ao nível do mar, a 30°C). Apesar de possuírem a mesma massa, os volumes dos materiais serão completamente distintos. Enquanto o chumbo será um cubo com cerca de 4,5 cm de aresta, o gelo seria um cubo com 10,3 cm de aresta e o ar seria contido em um cubo com 95,2 cm de aresta, conforme podemos ver na Figura 3.1.

Figura 3.1 | Comparação do volume de cubos com massa de 1 quilograma para: chumbo, gelo e ar seco (a 1 atm e 30°C).



Fonte: elaborada pelo autor.

Outro exemplo que podemos citar para comparar a relação de massa e volume de materiais com diferentes densidades surge quando começamos a praticar exercícios físicos: muitas vezes, reparamos que estamos perdendo aquela “barriguinha”, mas, quando nos pesamos, notamos que não houve alteração, ou mesmo que nossa massa aumentou. Isso acontece porque reduzimos a quantidade de gordura em nossos corpos e aumentamos a massa muscular; como a gordura é menos densa que o músculo, reduzimos o nosso volume (reduzimos a circunferência do cinto), mas não necessariamente reduzimos nossa massa.

Quando falamos de mecânica de fluidos, a densidade adquire uma relevância especial. Ela é responsável por uma série de efeitos interessantes, principalmente quando são utilizados fluidos com densidades diferentes, ou mesmo quando a densidade de um fluido é modificada (através da mudança de temperatura ou da composição química).

Por exemplo, ao misturarmos água e óleo de cozinha, veremos que eles não se misturam, e o óleo flutua na água devido a sua menor densidade. No entanto, se jogarmos uma colher de sal na mistura, o sal, ao afundar, carrega porções de óleo para o fundo da mistura, pois a combinação de óleo com sal apresenta uma densidade superior à da água. O efeito contrário pode ser observado, ao adicionarmos uma pastilha efervescente na mistura: ao se dissolver, a pastilha libera gás carbônico, que se mistura com a água e reduz sua densidade, desse modo, a pastilha faria a água momentaneamente flutuar no óleo.

Outro modo de alterar a densidade de um fluido é através da sua temperatura. Quando aumentamos a temperatura de um fluido, sua densidade se reduz. Isso pode ser bem observado ao se utilizar água quente ou fria com corante, em um recipiente com água em temperatura ambiente. Enquanto a água fria levará seu corante para o fundo do recipiente, a água quente irá flutuar, levando seu corante para o topo do recipiente. Faça o experimento para verificar!

Outro conceito fundamental no estudo de mecânica de fluidos é a pressão. A pressão é definida como a força que atua sobre uma determinada área: $\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$. Assim como na densidade, devemos lembrar que a pressão é a razão das outras duas grandezas.

Se, por exemplo, mantivermos a força, mas aumentarmos a área, a pressão se reduz.



Refleta

Imagine um prego que, ao ser golpeado na extremidade achatada, penetra na madeira com a extremidade oposta, que é afiada. O que aconteceria se fizéssemos o contrário, golpeando a extremidade afiada e mantendo a extremidade oposta na superfície da madeira? Seria efetivo? Qual a razão do formato do prego; e qual sua relação com o conceito de pressão?

A pressão também ganha importância quando falamos de mecânica de fluidos, pois todo corpo submerso em um fluido irá sentir a força exercida por ele. Essa força será igual ao peso do líquido diretamente acima da região. Por exemplo, estamos constantemente submersos na atmosfera terrestre e conseqüentemente sentimos os efeitos da pressão atmosférica, ainda que geralmente despercebida. Devido aos nossos fluidos corporais, a pressão atmosférica é contrabalanceada e, portanto, não percebemos sua grande força. Seu valor de cerca de $P_{atm} \approx 10^5 \text{ N/m}^2$ equivale a um peso na superfície terrestre de uma massa de quase 10000 quilos distribuída por um metro quadrado, um valor certamente impressionante.

Alguns experimentos de baixo custo e de simples realização capazes de revelar os efeitos da pressão atmosférica são apresentados no site mantido pela Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/flu1.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

Um desses experimentos mostra como implodir uma lata de refrigerante vazia, com a pressão atmosférica. Primeiramente, coloque um pouco de água dentro da lata e aqueça até começar a ferver. Então, utilizando uma pinça para não se queimar, jogue fora o resto da água e molhe, em água fria, o fundo da lata. Ao se resfriar, o ar quente se comprime, deixando assim de contrabalancear a pressão atmosférica, que causa a implosão da lata.



Pesquise mais

O site Seara da Ciência, mantido pela Universidade Federal do Ceará (2017) e oferece uma grande variedade de material para atividades envolvendo ciências e o seu aprendizado. O site oferece desde apresentações

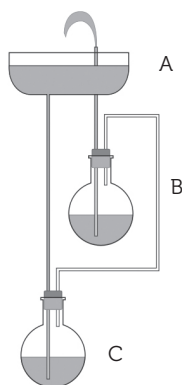
teatrais com temas científicos a sugestões de experimentos para serem realizados em Feiras de Ciências, passando por questões sugeridas e uma seção para responder perguntas enviadas pelos leitores do site. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/index.html>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

Uma interação muito curiosa, entre líquidos e gases, pode ser vista no experimento chamado Fonte de Heron, conforme o artigo de Piubéli e Pibéli (2004).

Esse experimento apresenta um efeito inesperado, onde a água é lançada acima da sua aparente posição inicial, o que parece estar violando o princípio da conservação da energia. Na verdade, a água lançada acima do reservatório de água mais alto (A), parte do reservatório situado em uma posição intermediária (B) e é lançada devido ao aumento de pressão nesse recipiente. Esse aumento de pressão é causado pela queda da água do recipiente A para o recipiente C: quanto maior essa altura maior é o aumento de pressão proporcionado.

Conforme podemos ver na Figura 3.2, a água desce do reservatório A para o reservatório C, adquirindo uma boa quantidade de energia potencial gravitacional e ocupando o espaço que antes era ocupado pelo ar, que, ao ser comprimido na direção do reservatório B, aumenta a pressão exercida na água daquele recipiente, que é lançada acima do reservatório A.

Figura 3.2 | Fonte de Heron



Fonte: modificada pelo autor do original Wikimedia Commons, disponível em: <<https://goo.gl/wjvGzm>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

Esse efeito pode ser explorado em sala de aula como uma ótima ferramenta para estimular a curiosidade dos alunos, através de perguntas sobre seus aparentes efeitos (Seria isso um moto-perpétuo? Um gerador de energia infinita?) e como norteador de um debate entre os alunos (O que eles acham sobre a violação da conservação da energia? Como seria possível que isso ocorresse diante dos seus olhos?).

Um aspecto com ampla possibilidade de uso no ensino de mecânica de fluidos é a contextualização histórica dos seus avanços. Mostraremos agora que é importante tomar alguns cuidados ao aplicar essa técnica, confirmando nossos conhecimentos históricos pessoais com o relato de diversas fontes. Como exemplo, falaremos agora sobre o caso de **Arquimedes** e a coroa do rei de Siracusa.

O princípio de Arquimedes nos permite descrever a **força de empuxo**, que surge naturalmente em qualquer corpo extenso que seja submerso em um fluido, permitindo que os objetos menos densos não afundem nos fluidos de maior densidade. É o caso dos grandes transatlânticos que, apesar de serem feitos de aço, têm um grande espaço vazio em seu interior, reduzindo a densidade total.

O princípio de Arquimedes mostra que o empuxo sentido por um corpo imerso em um fluido é igual, em módulo, ao peso do fluido deslocado pela imersão do corpo, com direção e sentido vertical, para cima: $F_E = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{corpo}}$.

A história mais conhecida da descoberta de Arquimedes afirma: o rei de Siracusa pediu que ele desenvolvesse uma maneira de descobrir se o ourives utilizou todo o ouro fornecido pelo rei, ou se desviou alguma parte dele. O peso da coroa estava correto, entretanto, surgiu a desconfiança de que ele pudesse ter inserido alguma prata na liga, para compensar, e guardado parte do ouro. Afirma-se que Arquimedes mediu o volume da coroa inserindo-a em um recipiente cheio de água e medindo a quantidade de água que transbordou dele, sendo assim capaz de calcular a densidade e descobrir se tratava-se de ouro puro (mais denso do que uma liga de ouro com prata). Na história, ele desmascara o ourives, confirmando o desvio.

Embora seja muito conhecida, essa versão é questionada por cientistas, pois os efeitos da tensão superficial dos líquidos impediria

uma medida suficientemente precisa (você já deve ter notado que, em um recipiente cheio de água, há a formação de uma curvatura no topo, que até passa do limite da borda). Assim, dependendo da maneira como a coroa fosse manuseada, o resultado mudaria.

Para mais detalhes, sugerimos consultar o trabalho de Martins (2000), que indica a possibilidade de Arquimedes ter utilizado uma balança hidrostática e o conceito de peso aparente para resolver o enigma. Esse artigo pode ser utilizado em sala de aula para ilustrar o fato de que o conhecimento está em constante revisão e construção, inclusive possibilitando uma interação multidisciplinar com o professor de História.



Pesquise mais

O artigo de Boff e Barros (2014) apresenta as melhorias proporcionadas no ensino de Física, a partir da contextualização da história dos cientistas. Esse estudo utilizou a história da hidrostática e comparou o desempenho de estudantes estimulados a pesquisarem aspectos históricos dos conteúdos abordados. O artigo apresenta ainda algumas respostas dadas pelos alunos a um questionário sobre a efetividade do uso da contextualização histórica, mostrando que eles reconhecem uma melhora por tornar as aulas mais descontraídas.



Assimile

O ensino de mecânica de fluidos apresenta inúmeras oportunidades para atividades experimentais de baixo custo, capazes de estimular a curiosidade e participação dos estudantes. Eles promovem o protagonismo do estudante como construtor dos experimentos e explorador dos seus diversos efeitos.

Em troca desse protagonismo do estudante, devemos lembrar o papel de facilitador do aprendizado que o professor deve assumir. Esse papel pode ser desempenhado ao conduzir os debates, ao fazer perguntas, ou mesmo ao dar destaque para características importantes dos experimentos, que poderiam até mesmo passarem despercebidas sem a orientação adequada.

Voltamo-nos agora para um aspecto importante da atividade de ensino, a avaliação. Normalmente, quando pensamos em avaliação em um contexto educacional, pensamos em provas, notas, a correção e muitas vezes na memorização e reprodução de atividades e exercícios. De um modo geral, uma avaliação deve servir para

obter informações sobre a qualidade e eficiência dos processos e métodos utilizados; essas informações devem ser capazes de permitir a validação e apontar as necessidades de aprimoramento do modo como o processo está sendo executado.

Essa definição também é aplicável às avaliações escolares, que não devem ser apenas um meio de selecionar os alunos capazes daqueles que não o são, aqueles que conseguem responder às atividades daqueles que não conseguem. As avaliações também têm a função de trazer informações que possibilitem ao professor se autoavaliar, avaliar seus métodos e escolhas tomadas durante a atividade docente, refletir sobre o que foi feito direito e o que precisa melhorar e, se possível, apontar a direção desse aprimoramento, de modo que a avaliação deve ser vista como uma ferramenta e não apenas um valor atribuído ao aluno.

Podemos classificar as avaliações em cinco tipos:

- Avaliação diagnóstica – é aplicada no início de um processo de aprendizagem, antes dos conteúdos serem abordados, e tem o objetivo de identificar as habilidades, concepções e conhecimentos iniciais dos alunos, de modo a nortear a estratégia a ser adotada para abordar determinados temas.
- Avaliação interna – é realizada pelo professor em sala de aula e tem o objetivo de verificar como o processo de aprendizagem ocorreu, possibilitando ao professor refletir sobre o seu próprio trabalho, assim como compreender melhor as dificuldades e facilidades dos alunos, possibilitando identificar possíveis pontos onde seria necessário retomar ou abordar de uma forma diferente, para tentar reduzir as dificuldades encontradas.
- Avaliação externa – é realizada pelos órgãos que elaboram e definem as políticas públicas dos sistemas de ensino; tem como principal objetivo avaliar a qualidade da educação e a eficiência dos gestores. Normalmente, é feita por amostragem, onde grupos de alunos realizam a avaliação para fornecer informações sobre o sistema ou a escola como um todo.
- Avaliação formativa – é realizada de um modo contínuo e

focando o próprio processo de ensino-aprendizagem; busca identificar rapidamente problemas nesse processo para rápida adequação.

- Avaliação somativa – é realizada no fim de um ciclo de aprendizagem e se atém à determinação do grau de domínio obtido de alguns objetivos pré-definidos, visando identificar o que foi assimilado pelos alunos.

O ideal é que esses tipos de avaliação sejam utilizados em diferentes proporções, de acordo com a realidade de cada professor e sua escola. O ideal seria sempre começar os conteúdos com avaliações diagnósticas, mas, dependendo da realidade, pode ser melhor reservar esse recurso para determinados conteúdos. Ou, ainda, a avaliação formativa, que exige um maior contato entre professor e alunos, e um esforço para observação contínua e avaliação de seu progresso, o que é facilitado para turmas com número reduzido de alunos ou atividades envolvendo mais professores.

Sem medo de errar

Motivado por uma reflexão após a crítica de alguns estudantes, o professor de nossa história realizou uma pesquisa e estava convencido da importância de aumentar o protagonismo dos alunos nas suas aulas, além de repensar o processo de avaliação.

Ele, então, procurou o diretor da sua escola, buscando sugestões e a validação dos resultados de sua pesquisa. O diretor comentou que aquilo estava alinhado com o que era esperado atualmente do ensino de física, e ofereceu seu total apoio, apesar de afirmar que os recursos financeiros da escola eram limitados. O diretor recomendou também o maior uso de uma avaliação formativa, que era facilitada devido ao pequeno número de alunos naquela classe.

Então, o professor preparou uma avaliação diagnóstica para identificar os conhecimentos e concepções prévias dos estudantes e identificou que os alunos apresentavam grande dificuldade em responder perguntas que não envolvessem apenas a utilização direta de fórmulas.

O que você faria no lugar dele?

Ele chegou à conclusão de que deveria aumentar o tempo de aula dedicado à compreensão dos fenômenos físicos, antes de apresentar qualquer fórmula. Abriu espaço para o debate entre os estudantes, após apresentar algum experimento de baixo custo, não somente realizando o experimento para uma plateia sonolenta, mas permitindo que os estudantes debatessem o que ocorreria antes que o experimento fosse realizado, e depois permitindo que eles mesmos realizassem a atividade, em grupos. Além disso, ele decidiu utilizar esses experimentos como uma maneira de avaliação formativa ao longo do ciclo de aprendizado.

Logo na aula seguinte, ele começou a aula levando os alunos à cozinha da escola, onde ele implodiu uma latinha de refrigerante após aquecê-la e resfriá-la rapidamente, com água fria. Os alunos logo se animaram com a demonstração, que foi seguida de um debate sobre o que eles achavam que poderia ser a causa do efeito observado. Então, deu uma explicação qualitativa sobre a redução da quantidade de ar no interior da lata e como isso deixava de contrabalancear a pressão atmosférica.

Ao fim, ele explicou aos alunos sua intenção de aumentar o uso de experimentos feitos pelos próprios alunos, como atividades para serem realizadas em casa e que esta seria uma avaliação contínua. Ele então forneceu uma lista de experimentos simples e de baixo custo, onde os alunos, separados em pequenos grupos, deveriam escolher algum para realizar a cada semana, filmando a atividade e apresentando rapidamente para os colegas, no início de cada aula, o que haviam feito. A atividade passou a ser uma componente da avaliação.

A cada aula, após os relatos das atividades e dúvidas apresentadas pelos estudantes, ele falava sobre o conteúdo, tentando utilizar como ponto de partida as dúvidas apresentadas pelos próprios alunos.

O professor estava satisfeito com os resultados obtidos, que eram perceptíveis, e com o quanto ele mesmo estava aprendendo com as pesquisas para preparar as aulas e experimentos. Ele estava animado para aplicar os mesmos procedimentos ao ensino de termodinâmica, que seria o próximo tópico a ser coberto.

E você, teria alguma ideia para melhorar ainda mais o processo de aprendizagem dos estudantes?

Fluido não newtoniano e divulgação científica

Descrição da situação-problema

Um grupo de estudantes de pós-graduação em física, de uma determinada universidade, recebem um convite para apresentarem algumas atividades de física em um evento de divulgação científica. Esse evento ocorre anualmente nessa universidade e conta com a visita de alunos de ensino médio de várias escolas; seus diversos institutos e faculdades recebem então a tarefa de apresentar suas atividades de uma forma atraente e estimulante para esse público.

A atividade deve ter curta duração, uma vez que os visitantes têm uma tarde para conhecer toda a universidade. Devido a esta restrição de tempo, normalmente o instituto de física apresenta algum experimento capaz de atrair a curiosidade do público, além de diversas palestras ao longo do dia. Que experimento seria capaz de atrair a curiosidade dos estudantes de ensino médio com interesses tão distintos, permitindo uma participação ativa?

Resolução da situação-problema

Após refletir e discutir os experimentos possíveis de serem apresentados, os jovens estudantes de pós-graduação optam por apresentar um experimento que teve bastante divulgação na mídia por algum tempo: uma piscina com fluido não newtoniano, que é um fluido cuja tensão e fluidez variam de modo não linear em resposta à pressão e deformação. Uma característica bem interessante desses fluidos é que eles oferecem muita resistência a variações bruscas (por exemplo, um golpe em sua superfície tende a aumentar sua tensão impedindo a imersão do corpo que o golpeou), mas oferecem pouca resistência a variações suaves (o mesmo corpo que não imergiu ao golpear a superfície afunda caso permaneça em repouso na superfície do fluido).

Fluidos não newtonianos são um ótimo exemplo para ilustrar a importância da experimentação como ferramenta didática. Apesar da teoria por detrás de tais fluidos ser muito complexa, a compreensão

de alguns conceitos importantes fica evidenciada de maneira simples, tais como pressão e tensão superficial.

A montagem também não é das mais complexas, pois trata-se de uma pequena piscina cheia de uma mistura de água e amido de milho. Uma piscina rasa permite aos visitantes andarem rapidamente na sua superfície sem afundarem durante a travessia, mas, no final, ao pararem antes de sair, também perceberem que seus pés começam a afundar.

O experimento faz muito sucesso, e os visitantes saem todos sujos de amido, mas muito animados e com novos conhecimentos de física, graças às explicações do grupo de pós-graduandos que conduziram a atividade.

Faça valer a pena

1. Existem diversos fenômenos em mecânica de fluidos que são muito interessantes, como turbulência e fluidos não newtonianos, mas cujas descrições matemáticas são muito _____. Para esses fenômenos, é recomendado utilizar uma abordagem _____, onde as diversas características do sistema sejam discutidas sem se fundamentar no _____.

Complete as lacunas do texto base, relacionando as abordagens possíveis para conteúdos:

- a) Complexas – qualitativa – modelo matemático.
- b) Simples – qualitativa – modelo matemático.
- c) Complexas – quantitativa – comportamento observado.
- d) Simples – quantitativa – comportamento observado.
- e) Complexas – qualitativa – comportamento observado.

2. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Uma das características desejadas do uso de experimentos em sala de aula é transferir protagonismo ao estudante no próprio processo de aprendizado,

PORQUE

II. ao permitir que ele construa, explore e questione os resultados obtidos em um experimento, o foco no professor é reduzido.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.

- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

3. "O esfigmomanômetro é um aparelho que mede a pressão sanguínea, constitui-se de uma coluna de mercúrio em que uma das extremidades está ligada a uma bolsa que pode ser inflada por uma pequena bomba de borracha. Para utilizá-lo, a bolsa envolve o braço, sendo inflado pela bomba o que produz uma pressão externa maior que a interna. Desse modo, o fluxo da artéria braquial ou de outra do braço é bloqueada. [...] O próximo passo é liberar gradualmente o ar da bolsa ao mesmo tempo que se utiliza o estetoscópio para ouvir a volta das pulsações, fato percebido por sons. O primeiro som surge quando a pressão do ar na bolsa for igual à pressão sistólica que é a pressão máxima do sangue. O último som audível é devido a pressão diastólica, isto é, a menor pressão sanguínea."

PALHETA, Franciney C. **Biofísica da circulação sanguínea, visão e audição.** Disponível em: <<http://www.ufpa.br/ensinofts/tcc.html>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

A relação entre a pressão da coluna de mercúrio e a sanguínea, descrita no texto base, pode ser relacionada a quais boas práticas pedagógicas?

- a) Interdisciplinaridade e contextualização com o cotidiano do estudante.
- b) Contextualização histórica e estímulo à curiosidade.
- c) Experimentação e estímulo à curiosidade.
- d) Interdisciplinaridade e contextualização histórica.
- e) Contextualização com o cotidiano do estudante e experimentação.

Seção 3.2

Temperatura e calor

Diálogo aberto

Após uma avaliação externa que cobriu tópicos de mecânica de fluidos e termodinâmica, um grupo de alunos conversou com seu professor e criticou seu método de lecionar, muito baseado em uma transmissão de conhecimento do professor para os alunos, com pouca interação e participação deles. O professor, então, refletiu sobre essa crítica e concluiu que essa poderia ser uma boa oportunidade para revisar sua metodologia e se atualizar.

Como já vimos, no que diz respeito à mecânica de fluidos, ele utilizou diversos experimentos de baixo custo que deveriam ser realizados pelos alunos em suas casas e cujos resultados e dúvidas eram o ponto de partida para as discussões e atividades em sala de aula. Além disso, o modo de avaliação foi revisto, se tornando uma ferramenta capaz de fornecer informações sobre o aprendizado e dificuldades dos alunos.

Satisfeito com os resultados obtidos, o professor decidiu manter a nova metodologia para o próximo conteúdo a ser abordado, que será a Termodinâmica. Trata-se de um tema com grande potencial para contextualização com o cotidiano do estudante.

Nesse momento, portanto, surgem novas dúvidas. Será que os princípios utilizados anteriormente também serão aplicáveis no ensino de Termodinâmica? Como pode ser desenvolvido um processo de avaliação formativa? Os alunos vão reagir bem ao fato de serem continuamente avaliados?

Para que você possa responder a essas perguntas, veremos quais são os principais desafios no ensino de Termodinâmica; ideias para inovar em sala de aula e diversos exemplos de experimentos didáticos.

Não pode faltar

Muitas vezes, o nascimento da Termodinâmica é associado à

descoberta do calor latente (energia necessária para mudança de fase das substâncias) por Joseph Black, no ano de 1761. Black era professor de medicina na Universidade de Glasgow e também tinha muito interesse por química. Alguns de seus alunos eram filhos de proprietários de destilarias de uísque e lhe perguntaram como reduzir os custos de produção, dado que o processo consistia basicamente de ferver o líquido e condensar o vapor.

Black, então, se pôs a estudar esse tema. Ao observar cuidadosamente o processo, ele verificou que a exposição do líquido a uma fonte quente faz com que sua **temperatura** suba continuamente até 100°C, quando a temperatura deixa de aumentar, à medida que a água inicia seu processo de evaporação. Ele propôs, como explicação, que a fonte quente cede uma espécie de fluido à água, que chamou de **calor**. Depois, esse calor passa a atuar causando a evaporação da água. Hoje, somos capazes de classificar o calor como uma forma de energia.

Black, então, definiu dois processos distintos de absorção do calor: um, já conhecido, caracterizado pelo aumento de temperatura da substância (chamado **calor sensível**) e outro, no qual há mudança de estado físico. Black chamou a energia absorvida nesse segundo processo de **calor latente** (que significa escondido em latim).

Ele, então, comunicou o resultado aos seus alunos, mostrando qual era a quantidade mínima de calor que deveria ser fornecida nos processos de destilação, o que se traduzia no gasto mínimo de combustível para produzir calor, trazendo uma economia aos produtores de uísque.



Pesquise mais

Essa história e muitas outras associadas à biografia de grandes cientistas podem ser encontradas em livro *O livro da ciência* (HART-DAVIS et al., 2014). O livro descreve brevemente a biografia de um grande número de cientistas de diversas áreas de conhecimento e suas descobertas.

Além disso, esse livro possui uma grande preocupação com a contextualização histórica da descoberta e da vida do cientista, apresentando uma linha do tempo associada ao campo de cada descoberta, onde mostra como o campo era antes e depois de cada descoberta científica, mostrando, assim, como cada uma delas evoluiu com o tempo.

Já enfatizamos a importância do uso dos aspectos históricos em sala de aula. Utilize esses recursos sempre que julgar apropriado.

Na história de Black, podemos ver diversos conceitos importantes de termodinâmica. Olhemos com mais atenção às palavras destacadas: calor, temperatura, energia, calor sensível e calor latente. Todas elas encerram conceito físicos importantes.

Começemos pela energia, que é um conceito muito presente no nosso cotidiano. Podemos identificar diversos tipos de energia (cinética, química, gravitacional, elétrica etc.) e seus efeitos (a conta da energia elétrica consumida ou quando engordamos por ingerir alimentos muito energéticos, por exemplo). Podemos entender a energia como uma grandeza que se conserva nos processos físicos que observamos e que é capaz de assumir muitas formas.

Calor é o nome dado à energia transferida entre corpos a temperaturas diferentes. Quando falamos de calor absorvido por um corpo, estamos nos referindo ao aumento da energia daquele corpo, enquanto, ao falar de calor cedido, estamos nos referindo à redução da energia do corpo.

A temperatura é uma medida relacionada à energia térmica. Ela é uma medida do estado de agitação das moléculas que compõem um corpo e uma medida direta da energia cinética média das mesmas.

No entanto, devemos reparar que a temperatura é uma boa medida de um dos tipos de energia de um corpo. Assim, o calor sensível causa um aumento na temperatura do corpo, na forma de uma maior agitação em suas moléculas. O calor sensível é descrito pelo produto da massa (m), variação da temperatura ($\Delta\theta$) e o calor específico de relativo a substância (c), ou seja, $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$.

O aumento do calor latente faz com que a agitação das partículas fique acima de um limiar, fazendo com que exista alteração no estado físico. As moléculas tornam-se mais agitadas e mais espaçadas entre si, alterando a maneira como as ligações químicas se manifestam. O calor latente (Q) é descrito pelo produto entre a massa da substância que mudou de estado físico (m) e uma constante relativa à mudança de energia devido à mudança de estado físico (L), ou seja, $Q = m \cdot L$.

Um ponto importante a ser enfatizado é que essas equações consistem em simples relações de proporcionalidade. Sugerimos que você, em sala de aula, sempre deixe claro que a Física não consiste em um conjunto de fórmulas a serem decoradas. As equações nos ajudam a quantificar com exatidão as grandezas físicas envolvidas, mas o fundamental é a compreensão dos fenômenos.

Para facilitar essa compreensão é que contextualizamos com aspectos históricos e com situações do cotidiano do estudante. Um exemplo de abordagem é mostrar que essas relações são como quando, em um supermercado, relacionamos preços e custos. Ao falar sobre o calor latente, podemos comparar a constante L com um custo por quilo de determinado produto, enquanto o calor representaria o custo total para aquela quantidade comprada.



Refleta

Você acha que o estudante deve memorizar as equações que acabamos de indicar para ter um bom desempenho? É possível resolver os problemas de calorimetria sem conhecê-las?

A história de Joseph Black nos mostra que a Termodinâmica nasceu do estudo de um problema prático, os custos de evaporação e condensação de uma destilaria, e evoluiu para uma infinidade de problemas, formulações e teorias. No entanto, a Termodinâmica sempre manteve muito contato com problemas cotidianos, tanto que muitos dos seus produtos estão presentes no nosso dia a dia. Geladeira, ar-condicionado, motores de automóveis e até mesmo uma simples garrafa térmica contêm muitos dos conceitos-chave estudados pela termodinâmica.

Um dos temas centrais da Termodinâmica é a temperatura dos corpos e seus processos de transferência de calor. Existem três modos de transferência de calor:

- a condução, onde o calor se propaga através do próprio corpo, sem o deslocamento do corpo em si. Ela ocorre devido à transmissão da energia cinética das moléculas aquecidas, que estão em contínuo movimento de vibração, colidindo entre si. As moléculas com maior energia, na região mais quente do sólido, transferem parte dessa energia para as com menor energia, da região mais fria. Um exemplo é o

modo como a parte externa de um copo esquenta quando colocamos algum líquido quente no seu interior, ou seja, o calor se propaga através do próprio copo, da parte interna em direção à parte externa;

- a convecção, onde moléculas de um fluido se deslocam da região mais quente para a região mais fria, levando consigo energia. Esse deslocamento ocorre devido à variação na densidade do fluido provocada pela variação de temperatura. Na região mais quente o fluido se expande, conseqüentemente reduzindo sua densidade e flutuando. Seu lugar então é ocupado por uma parte mais densa e fria, que passa a ser aquecida, caso a fonte de calor continue atuando, levando a um ciclo. Um exemplo de ciclo de convecção é a formação dos ventos litorâneos: durante o dia o ar acima da areia se aquece mais rapidamente que o ar sobre o mar, esse ar então sobe e o ar mais frio que estava acima do mar toma o seu lugar, causando o vento do mar em direção à praia;
- a radiação eletromagnética, onde o calor é transportado através de ondas eletromagnéticas emitidas pelo corpo. Lembre-se que a luz visível de diferentes cores consiste em ondas eletromagnéticas de variadas frequências. Todo corpo emite ondas eletromagnéticas de diversos comprimentos de onda, em uma quantidade e distribuição de frequências determinada pela temperatura do corpo. Por exemplo, esse é o modo com que a energia solar chega à Terra, após viajar pelo espaço que a separa do Sol.

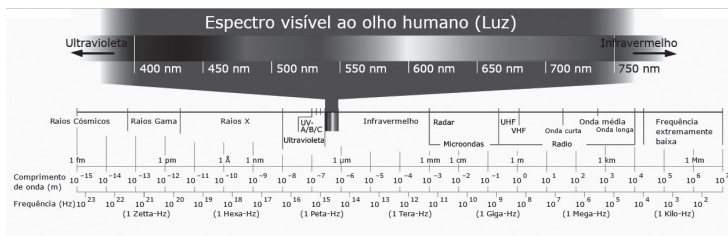


Exemplificando

A relação entre ondas eletromagnéticas e calor pode parecer estranha a princípio, mas basta lembrar que corpos quentes, tais como brasas, lava de vulcão, metais incandescentes, ou mesmo lâmpadas incandescentes, emitem luz; e essa última transporta energia.

Dado que conseguimos enxergar apenas uma pequena fração da energia emitida (como podemos observar na Figura 3.3), pois a maior parte do calor é transportado por radiação, na região do infravermelho, que não é visível aos olhos humanos (mas pode ser observada com equipamentos especiais desenvolvidos para sua detecção).

Figura 3.3 | Espectro eletromagnético



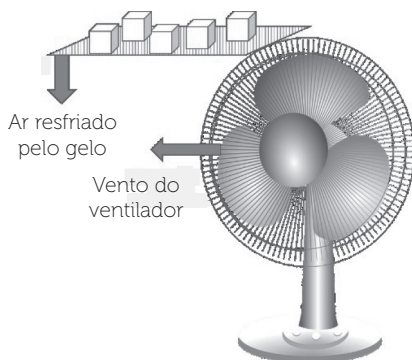
Fonte: Wikimedia Commons, disponível em: <<https://goo.gl/6BH54k>>. Acesso em: 8 fev. 2017.

Lembre-se sempre da importância dos experimentos em sala de aula. O tópico calorimetria é rico em experimentos práticos e que podem ser elaborados com materiais caseiros. Com uma latinha de refrigerante, pedaços de metais, água quente e em temperatura ambiente, cubos de gelo e um termômetro somos capazes de realizar os experimentos mais clássicos da calorimetria, em sala de aula.

Como exemplo de atividade experimental de baixo custo relacionada à transmissão de calor, podemos citar a construção de uma garrafa térmica caseira. Existem diversos vídeos disponíveis na internet, mostrando sua construção utilizando apenas garrafas PET, jornal, papel-alumínio e fita adesiva.

Outra atividade divertida, relacionada a processos de transferência de calor e com grande capacidade de contextualização com o cotidiano do estudante, é a construção de um ar-condicionado caseiro, utilizando gelo e um ventilador. Conforme podemos ver na Figura 3.4, o ar resfriado pelo gelo se desloca para baixo devido à sua maior densidade, entrando na rota do ar posto em circulação pelo ventilador.

Figura 3.4 | Ar-condicionado caseiro



Fonte: elaborada pelo autor.



Em Termodinâmica, também é possível se aproveitar dos experimentos de baixo custo disponíveis, que são fundamentais para desenvolver familiaridade e intuição a respeito do comportamento dos fenômenos estudados.

Para aprender sobre os processos de transferência de calor, utilizamos diversas grandezas físicas: algumas que fazem parte do cotidiano do estudante, tais como a temperatura e a pressão, e outras são mais incomuns, a exemplo da entropia. Muitas delas estão relacionadas com as características das moléculas que compõem o fluido ou sólido em questão.

Essa noção microscópica é de grande importância para compreender a definição de trabalho termodinâmico (W), que é descrito como um produto da pressão (P) pela variação de volume ΔV causada por essa pressão, ou seja, $W = P\Delta V$. Um gás realiza trabalho quando suas moléculas colidem continuamente com as paredes do recipiente, transferindo momento e energia cinética de suas moléculas e gerando movimento das mesmas. Essa energia cinética que é transferida é justamente o tipo de energia associado à temperatura, o que nos permite entender a razão de um gás esfriar quando realiza trabalho.

Em termodinâmica, temos ainda o conceito de entropia, que é associada à desordem em um sistema. Assim como a energia, a entropia é melhor ilustrada pelos seus efeitos. Por exemplo, quando vemos o calor fluir livremente do corpo mais quente para o mais frio ou quando vemos combustíveis sendo transformados em componentes mais simples, esses processos são guiados pela entropia total do sistema.

Lembre-se sempre das leis da Termodinâmica:

- Primeira Lei da Termodinâmica – que relaciona a variação da energia interna do sistema (U), com o calor recebido (Q) e o trabalho desempenhado pela expansão do gás (W), ou seja, $\Delta U = Q - W$. Ela trata da conservação de energia, já que a troca de calor com o meio e a realização de trabalho sobre ele devem se equilibrar.

- Segunda Lei da Termodinâmica – enuncia que a entropia de um sistema nunca diminui, ou ela se mantém constante ou ela aumenta. Ela está relacionada com a quantidade de modos com que o sistema pode chegar a uma determinada configuração, e quais são os modos mais prováveis.

Não se esqueça de comentar em sala de aula que a segunda lei da Termodinâmica possui o profundo significado de que existe uma direção na evolução dos fenômenos. A relação entre a segunda lei da Termodinâmica e a direção da passagem do tempo no universo é hoje estudada pelos físicos. De todo modo, em nosso Universo os fenômenos sempre ocorrem na direção de eventos mais prováveis. Por exemplo, um copo de vidro cair no chão e se estilhaçar é muito mais provável que os estilhaços se unirem espontaneamente reconstruindo o copo. Imagine a probabilidade dos diversos estilhaços se encaixarem exatamente na posição correta, quando lançados um contra o outro.



Exemplificando

Imagine o processo de erosão de um castelo de areia pelo vento. É muito mais provável que o vento remova grãos de areia de partes do castelo, causando sua destruição, do que o vento construir um castelo, de modo que os grãos sejam colocados nos locais exatos. O sistema segue para uma configuração mais provável, com maior entropia. Por isso, caso vejamos um vídeo de um castelo de areia ao vento, no sentido correto e de trás para a frente, podemos identificar imediatamente e facilmente qual é o sentido correto.

Nesse ponto, talvez seja uma boa ideia lembrar a importância de se utilizar simulações computacionais para atividades exploratórias, por exemplo, a simulação disponibilizada pela Universidade do Colorado Boulder (2017) e disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>>. Acesso em: 25 jan. 2017. Ela mostra o comportamento de um gás, conforme podemos ver na Figura 3.5. É possível observar os efeitos na pressão e na temperatura, causados pela variação de parâmetros como o volume, quantidade de gás no recipiente e quando cedemos ou removemos calor do sistema.

Figura 3.5 | Simulação sobre gases para atividades exploratórias, disponibilizada pela Universidade de Colorado Boulder



Fonte: elaborada pelo autor.

Aprofundando nossas reflexões sobre a questão da avaliação, podemos observar que, na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, fala-se sobre o papel da avaliação no ensino básico, no seu artigo 24, inciso V, dizendo:

V - a verificação do rendimento escolar observará os seguintes critérios: a) avaliação contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais (BRASIL, 1996)



Refleta

Nesse ponto, cabe uma pausa para refletirmos sobre os processos de avaliação que tivemos contato ao longo do nosso processo de educação.

- Eles eram contínuos ou pontuais e marcados por provas utilizadas para averiguar o domínio do conteúdo por cada estudante?
- Quantas vezes, após a turma como um todo apresentar resultados ruins da avaliação, o conteúdo foi retomado e a estratégia de abordagem dos conteúdos ou mesmo da avaliação foi questionada?
- E em relação aos aspectos qualitativos observados ao longo do período, eles prevaleciam sobre os aspectos quantitativos de eventuais provas finais?

Devemos ter em mente que o processo de avaliação não pode ser visto de modo dissociado do processo de ensino-aprendizagem e que o professor também faz parte desse processo e dessa avaliação.

O professor define os critérios para diferenciar os alunos que aprenderam daqueles que não aprenderam, mas acaba avaliado também, afinal, o desempenho dos estudantes é muito relacionado às escolhas e metodologias utilizadas pelo próprio professor.

Nesse quesito, em que um processo contínuo de avaliação se torna uma importante ferramenta, pois, muitas vezes, podemos escolher caminhos que não funcionam para a turma em questão e, no caso das avaliações pontuais no fim dos ciclos de aprendizagem, esses equívocos somente serão descobertos tardiamente, após as avaliações.

Também, devemos refletir sobre a importância de variar os métodos de avaliação, sendo possível alternar apresentações orais, exames escritos, relatórios, demonstrações experimentais, redações, conversas e participação nas aulas, dentre outros. Essa diversidade é importante, pois os estudantes vão apresentar diferentes características e conseqüentemente diferentes habilidades. Essas habilidades não devem ser ignoradas ou prejudicadas, por exemplo, ao se utilizar apenas de provas escritas focadas na execução de cálculos, alunos com essa habilidade serão favorecidos, enquanto alunos com grande capacidade para compreender fenômenos e explicá-los serão prejudicados, ainda que esta segunda habilidade também seja importante.

Devido à quantidade de alunos em sala, muitas vezes é necessário lidar com salas grandes e os períodos de avaliação que podem ser longos, é importante manter registros sobre os alunos em cada aula ou atividade, tais como frequência e participação.



Assimile

Como professores, devemos assimilar que as avaliações escolares não são apenas uma medida do quanto o aluno absorveu do conteúdo abordado, elas também estão avaliando seu desempenho como professor na escolha de metodologias e estratégias de ensino.

O processo de ensino-aprendizagem não pode ser uma responsabilidade

apenas de uma das partes, como se fosse responsabilidade apenas do aluno, caso ele não consiga apresentar o desempenho esperado. Tanto os alunos quanto os professores possuem seus papéis e responsabilidade, além de contribuir para os resultados obtidos.

Sem medo de errar

Retornamos à história do professor que decidiu que era hora de revisar e atualizar sua metodologia de ensino, aprendendo coisas novas, e assim melhorar os resultados do seu trabalho.

Como vimos, no estudo de mecânica de fluidos, ele já havia aplicado novas metodologias, mais centradas no protagonismo do estudante, no processo de aprendizagem, através de um maior uso de experimentos sendo desenvolvidos pelos alunos e utilizando materiais de baixo custo.

Ao abordar mecânica de fluidos, ele priorizou experimentos com efeitos inesperados e divertidos, capazes de atrair a curiosidade de seus alunos. Ao abordar o estudo da termodinâmica, seu foco era trazer os experimentos para mais próximo do cotidiano dos estudantes, tentando propor atividades com probabilidade de serem utilizadas no dia a dia.

O que você faria no lugar deles? Como atender a essa importante necessidade?

Ele propôs a seus alunos a construção de uma garrafa térmica (utilizando jornal, garrafas pet e papel-alumínio) e de um ar-condicionado utilizando gelo e um pequeno ventilador.

Ao invés de entregar o roteiro para que a construção fosse realizada, ele apenas mostrou os componentes e deixou que os alunos discutissem ativamente qual seria a melhor maneira de construir. Os estudantes levaram um bom tempo para perceber a razão pela qual precisariam colocar o gelo acima do ventilador, por exemplo. A discussão foi muito rica e com grande adesão dos estudantes.

Após essa parte inicial de transferência de calor, foi necessário abordar uma parte mais teórica da termodinâmica, suas leis e seus parâmetros. Nesse ponto, ele recorreu a analogias e tentou, ao

máximo, discutir o comportamento microscópico das moléculas do gás e como isto acarretava nos efeitos e parâmetros macroscópicos observados. Para ajudar na compreensão das equações e temas discutidos, ele se utilizou de experimentos e também de simulações, por exemplo: a simulação das propriedades dos gases disponibilizada pela Universidade de Colorado Boulder (2017).

Ao longo de todo esse período, o professor criou o hábito de tomar anotações sobre seu contato com os alunos e o desenvolvimento de cada um deles, como maior participação nas aulas, aumento no número de dúvidas e comentários e, até mesmo, quando eles vinham conversar sobre algum vídeo de experimentos que viram na internet.

E você, que outras atividades proporia, para tornar as aulas de Termodinâmica ainda mais interessantes?

O professor estava muito satisfeito com a melhora no interesse dos alunos que ele observava. No entanto, ele queria flexibilizar um pouco as avaliações para evitar que determinadas habilidades fossem privilegiadas sobre outras. Ainda restava um importante tópico de Termodinâmica para lecionar, as máquinas térmicas e a energia. Que inovações ele utilizará nessa próxima oportunidade?

Avançando na prática

Experimento na graduação

Descrição da situação-problema

Um aluno de graduação em licenciatura em física está concluindo uma disciplina onde ele deve selecionar um experimento de física (preferencialmente de baixo custo), para montar e apresentar no tema Termodinâmica.

Esse experimento deve ter em mente a física de ensino médio, uma vez que a proposta da disciplina é capacitar os alunos, que serão futuros professores, a utilizarem experimentos como ferramenta didática.

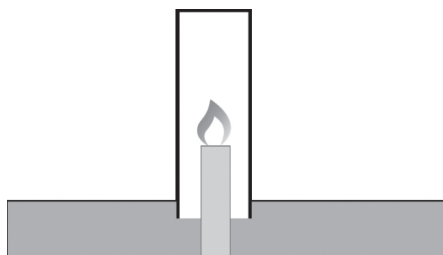
Resolução da situação-problema

O aluno inicia então sua pesquisa sobre experimentos, optando

por aqueles de baixo custo e seleciona alguns que julga interessante. Dentre esses, um lhe chamou a atenção por ter sido explicado incorretamente.

O experimento consistia de uma vela acesa, dentro de um tubo cuja parte aberta era mergulhada em água, conforme pode ser visto na Figura 3.6. A coluna de água erguida era utilizada para estimar a quantidade de oxigênio na atmosfera. Conforme explicado em Braathen (2000), o método utilizado para medir o teor de oxigênio no ar em experimentos didáticos, por muito tempo, apresentou uma explicação equivocada.

Figura 3.6 | Experimento utilizado para medir o teor de oxigênio no ar



Fonte: elaborada pelo autor.

Era dito que a combustão exauria todo o oxigênio dentro do tubo e que a água e gás carbônico produzidos condensavam e se diluíam rapidamente. Essa redução na quantidade de gás na garrafa, e conseqüentemente da sua pressão, era utilizada para explicar o levantamento de uma coluna de água na garrafa. No entanto, foi observado que nem todo oxigênio é consumido e nem todo gás carbônico diluído na água. Mas o resultado próximo ao correto era obtido, o que dava credibilidade ao resultado, mesmo utilizando um método errado.

A explicação atual é muito mais baseada na termodinâmica que na química, dizendo que o calor da vela aquece o ar no interior do tubo. Esse ar se expande até que parte dele consegue escapar do tubo. Depois de algum tempo, a vela se apaga, a temperatura do ar se reduz e ele se contrai, permitindo a subida da coluna de água.

O aluno apresentou o experimento e explicou a correção da explicação do efeito observado.

Faça valer a pena

1. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Ao aquecer o gás no interior de uma garrafa aberta, parte do gás escapa

PORQUE,

II. com o aumento da temperatura, seria necessário um volume maior para manter a pressão na garrafa.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.
- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

2. A avaliação é um aspecto importante no processo de ensino-aprendizagem, que deve permitir ao professor tomar as decisões corretas no momento correto, permitindo uma melhor assimilação do conteúdo por parte dos estudantes, além de avaliar as possibilidades de progressão dos estudantes para a compreensão de novos temas.

Com relação ao processo de avaliação, é correto afirmar que:

- a) É recomendado que a única avaliação aplicada seja uma prova final, pois isso permite ao professor abordar mais conteúdos em suas aulas ao longo do período letivo.
- b) O desempenho dos estudantes em uma avaliação é exclusivamente responsabilidade dos alunos, uma vez que o professor já cumpriu sua tarefa ensinando o conteúdo.
- c) O uso de muitos tipos de avaliação ao longo do período letivo não é recomendado, pois pode causar confusão aos estudantes, que já estão acostumados com provas.
- d) A avaliação formativa, realizada ao longo do período letivo, é recomendada por permitir ao professor identificar dificuldades de aprendizagem ainda em sua fase inicial e solucioná-las em tempo.
- e) As avaliações externas não são úteis. Provas oficiais e governamentais sempre assustam os estudantes, reduzindo assim seu desempenho.

3. Ao utilizarmos simulações como ferramenta didática, devemos nos atentar para os aspectos representados e aqueles que não estão representados. Toda simulação deve selecionar aspectos dos fenômenos que serão descritos que ela se propõe a descrever e outros que não, pois considerar todos os aspectos físicos de um fenômeno exigiria um imenso poder computacional. Dentre os aspectos físicos descritos ou não em simulações, podemos afirmar que:

- a) O uso de simulações como ferramenta didática é muito útil, uma vez que permite ilustrar fenômenos de um modo que nem sempre seria possível com experimentos. Mas devemos enfatizar quais aspectos são simulados e quais são apenas ilustrativos.
- b) O uso de simulações como ferramenta didática é muito útil, uma vez que permite ilustrar fenômenos de um modo mais completo do que com experimentos.
- c) O uso de simulações como ferramentas didáticas deve ser evitado, uma vez que aspectos não descritos pela simulação podem levar a falhas de compreensão.
- d) O uso de simulações como ferramenta didática deve ser evitado, pois os custos pelas licenças das simulações são altos.
- e) O uso de simulações como ferramenta didática é muito útil, uma vez que permite ilustrar fenômenos de um modo que nem sempre seria possível com experimentos. Mas devemos enfatizar a necessidade da simulação ser a mais perfeita possível, independentemente do poder computacional exigido.

Seção 3.3

Energia e máquinas térmicas

Diálogo aberto

Após a crítica de um grupo de alunos sobre seu método de lecionar (com pouca participação dos alunos e muito baseado na transmissão de conhecimento do professor para os alunos), um professor de física refletiu e concluiu que esta poderia ser uma boa oportunidade para revisar sua metodologia e se atualizar. Ele, então, pesquisou sobre novas metodologias de ensino e avaliação e começou a reformular seu modo de ensinar, com maior participação dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Para experimentar essas novas metodologias, ele reformulou o modo de lecionar mecânica dos fluidos e termodinâmica. Também modificou o modo de avaliar os estudantes com o uso de experimentos de baixo custo, que deveriam ser realizados pelos alunos em suas casas e cujos resultados e dúvidas seriam reportados para toda a classe, no início de cada aula. Esses relatos seriam parte de um processo de avaliação formativa, onde ele poderia acompanhar continuamente a evolução e dificuldades dos estudantes.

Agora, o professor propõe aos alunos a discussão do tema energia, para finalizar o ciclo de estudos. Ele está planejando um evento especial, para abordar temas relacionados à produção de energia, energia limpa, consumo consciente de energia, dentre outros. É uma grande oportunidade para desenvolver uma compreensão mais profunda e o raciocínio crítico dos alunos, além de aspectos interdisciplinares e relacionados à cidadania.

E, como sempre surgem as dúvidas, será que os alunos conseguiriam discorrer pelo tema de um modo mais profundo e estruturado que os informes de início das aulas? Poderíamos escolher atividades que desenvolvam as habilidades de comunicação oral e escrita dos alunos?

Para que você possa responder a essas perguntas e participar do processo de crescimento profissional desse professor, precisamos de novos conhecimentos.

Não pode faltar

Uma máquina térmica é um dispositivo que retira calor de uma fonte quente e utiliza essa energia para a produção de trabalho útil, por exemplo, por meio da expansão de gases. Assim, ela pode mover pistões, levantar pesos, girar engrenagens, dentre outras finalidades. A máquina térmica mais eficiente é aquela que converte o calor extraído no máximo possível de trabalho realizado.

A primeira pergunta que podemos fazer é: como o calor pode ser extraído? O calor flui de um corpo com maior temperatura para um de menor temperatura. Como vimos antes, a temperatura é associada à energia cinética média das moléculas de um corpo, conforme vimos na simulação disponibilizada pela Universidade de Colorado Boulder no site: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

Quando colocamos dois corpos em contato térmico, as moléculas colidem entre si, compartilhando sua energia cinética. Assim, gradativamente, as temperaturas dos corpos mudam até eles atingirem a mesma temperatura, chamada de temperatura de equilíbrio. Nesse ponto o fluxo de calor cessa.

Uma máquina térmica sempre possui duas componentes com temperaturas diferentes, chamadas de reservatórios ou fontes. Essas fontes a temperaturas distintas que permitem o calor fluir em uma determinada direção e ser extraído da fonte quente.

A primeira máquina térmica conhecida é a Máquina de Heron (também chamada de eolípila) e data do século I. Esse mecanismo consistia de um eixo que permitia a entrada de ar aquecido em uma esfera com duas saídas de ar. Essas saídas faziam o ar sair com velocidade tangencial à esfera em sentidos opostos e, quando o ar aquecido escapava pelas saídas, isso impulsionava o giro da esfera, conforme podemos ver na Figura 3.7.

Figura 3.7 | Máquina de Heron ou eolípila



Fonte: Wikimedia Commons, disponível em: <<https://goo.gl/HWHmqw>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

No entanto, a primeira máquina térmica conhecida que possuía uma utilidade prática associada foi desenvolvida apenas em 1698, por Thomas Savery, e tinha como função extrair água de minas. E, finalmente, em 1763, James Watt consegue melhorar de tal modo a eficiência dessas máquinas, que elas passaram a ser utilizadas em larga escala na indústria, impulsionando assim a Revolução Industrial (TEIXEIRA, 2017).

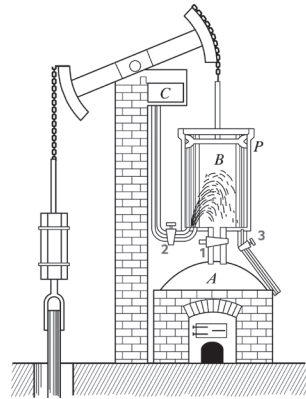
Um motor simples e muito bom para explicar os conceitos envolvidos no funcionamento de uma máquina térmica é aquele desenvolvido por Thomas Newcomen, ao aprimorar a máquina de Thomas Savery.

Conforme podemos ver na Figura 3.8, essa máquina consiste de uma caldeira de água (A), um cilindro (B) com um pistão móvel (P) e um reservatório de água fria (C). Seu ciclo de funcionamento era:

1. Com a válvula 1 aberta e as outras duas fechadas, o vapor produzido na caldeira entrava no cilindro empurrando o pistão para cima.
2. Ao atingir a altura máxima, a válvula 1 era fechada, impedindo a entrada de mais vapor, e a válvula 2 era aberta, permitindo a entrada de água fria. Essa água fria condensava o vapor, reduzindo a pressão no cilindro e permitindo que a pressão atmosférica e a gravidade empurrassem o pistão para baixo.
3. Ao atingir a altura mínima, a válvula 2 era fechada, impedindo a entrada de mais água fria, e a válvula 3 era aberta, para escoar a água de dentro do cilindro.
4. Após escoar a água do interior do cilindro, a válvula 3 era fechada e a válvula 1 aberta, reiniciando o ciclo.

Nesse ciclo de funcionamento, podemos reparar nos constituintes necessários para toda máquina térmica: o reservatório de calor (a

Figura 3.8 | Máquina de Newcomen



Fonte: Modificada pelo autor do original Wikimedia Commons, disponível em: <<https://goo.gl/umNlyFz>> Acesso em: 2 fev. 2017.

caldeira), a fonte de resfriamento (reservatório de água fria), o trabalho realizado pela máquina (quando o vapor empurra o pistão para cima) e o calor que precisamos fornecer para o seu funcionamento (energia necessária para evaporar a água da caldeira e aumentar a pressão do vapor). Tanto o reservatório frio (C) quanto a caldeira (A) devem ser abastecidos para o funcionamento da máquina.

Com o pistão B no topo e o início do resfriamento do cilindro, era gerada uma diferença de pressão nas extremidades que permitia o deslocamento da água da mina para cima, preenchendo a câmara C e que, posteriormente, escoava pela válvula 3.



Pesquise mais

Existem diversos vídeos na internet mostrando como construir máquinas térmicas de baixo custo, como a eolípila, utilizando uma lâmpada incandescente com água no seu interior ou mesmo um motor de Stirling (uma das evoluções do motor de Newcomen), utilizando latas, arame e uma bexiga (para montar a estrutura e vedação), uma vela como fonte de calor e água gelada como reservatório frio.

Um exemplo de vídeo é apresentado pelo Manual do Mundo Comunicação (2016), disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=egNrHP6pMUo>>. Acesso em: 3 mar. 2017. Nesse vídeo, é possível ver a construção de uma máquina térmica bem simples, que utiliza uma vela como reservatório quente e água fria como reservatório frio, além de utilizar latas de refrigerante e cobre para a estrutura do motor.



Refleta

Quantas vezes vimos algumas pesquisas científicas e pensamos que aquilo nunca teria utilidade?

Como podemos ver, foram necessários quase dois mil anos desde a eolípila até as máquinas térmicas de James Watt, desde um instrumento curioso e sem nenhuma utilidade até o motor que impulsionou a Revolução Industrial.

Devemos sempre ter em mente o quanto é difícil prever os próximos avanços científicos e que a distinção entre conhecimento aplicável e curiosidade científica pode mudar rapidamente. Basta lembrar que além das máquinas térmicas, a eletricidade também já foi vista como uma mera curiosidade científica.

Conforme falamos, a grande contribuição de Watt foi a melhora na eficiência das máquinas térmicas, mas o que é essa eficiência? Qual é a consequência da sua melhoria?

A eficiência de uma máquina térmica (ε , também chamada de rendimento térmico) é a razão entre o trabalho realizado pela máquina (W) e o calor fornecido a ela pela fonte quente (Q_q), ou seja, $\varepsilon = \frac{W}{Q_q}$.

Por conservação de energia, o calor fornecido a uma máquina térmica deve realizar trabalho útil ou ser transferido ao reservatório frio (energia não aproveitada para realização de trabalho). A eficiência nos mostra o quanto do calor fornecido foi utilizado para realizar trabalho, ou seja, foi aproveitado pela máquina para desempenhar sua função.

Como podemos deduzir dessa definição, entre duas máquinas térmicas, a mais eficiente produzirá mais trabalho para uma mesma quantidade de calor fornecido. Utilizar máquinas térmicas mais eficientes traz impacto financeiro direto nas aplicações da indústria, uma vez que o calor fornecido pela fonte quente depende da quantidade de combustível consumido pela máquina.

Uma característica interessante sobre o rendimento de máquinas térmicas é que é possível demonstrar que existe um rendimento máximo que uma máquina real pode alcançar. Esse rendimento limite é chamado Rendimento de Carnot, que é dado por $\varepsilon = 1 - \frac{T_f}{T_q}$ (RESNICK; HALLIDAY; KRANE, 2017). Assim, por mais que os engenheiros se esforcem, as leis da Física trazem um limite de eficiência que não pode ser ultrapassado.



Refleta

No contexto da Revolução Industrial, a maior parte da energia era fornecida pela queima de carvão. Atualmente, quais são as principais fontes de energia para o funcionamento de máquinas? Essas fontes são menos poluentes que o carvão?

Ao compararmos os diversos recursos utilizados para produção de energia elétrica, devemos analisar diversas características, e sua análise nem sempre é simples de ser feita. Por exemplo, ao compararmos o custo médio por unidade de energia produzida, as usinas hidroelétricas são vantajosas, mas como avaliar o custo

ambiental devido ao alagamento da região da represa? Ou podemos considerar as células solares, devido ao seu baixo impacto ambiental, mas como estimar o impacto econômico e social do ainda alto custo desse tipo de geração de energia?

Atualmente, a importância do fator ambiental tem crescido cada vez mais, pois os efeitos da poluição excessiva podem ser catastróficos. Como principal exemplo dessa preocupação, podemos citar o aquecimento global causado também pelo aumento dos gases estufa (que retêm calor na atmosfera, aumentando a temperatura terrestre). O aquecimento global pode levar a mudanças capazes de destruir ecossistemas inteiros, além do degelo das calotas polares que pode aumentar o nível do mar, o que acabaria com diversas cidades costeiras no mundo. Isso, para não citarmos os efeitos menos dramáticos, mas ainda assim frequentes e perigosos, como os danos ao sistema respiratório causado por respirar níveis excessivos de resíduos sólidos em suspensão no ar, que podemos ver saindo do escapamento dos carros e chaminés.

Essa preocupação tem levado a grandes investimentos em fontes de energia consideradas limpas, como energia solar e eólica, melhorando consideravelmente sua eficiência nos últimos anos. Esses investimentos também foram destinados a fontes de energia alternativa ainda em desenvolvimento, por exemplo, as células de hidrogênio, que produziriam como resíduo apenas água.

Além disso, ao considerar a produção energética de um país, é importante que ela possua diversidade, para evitar a dependência excessiva de um único recurso, pois isso pode comprometer toda a cadeia produtiva do país em caso de algum problema, como o aumento de preço do combustível ou uma seca prolongada.

É importante provocar essas reflexões nos estudantes, para que eles possam considerar os impactos dos próprios hábitos de consumo e desperdício de energia no ambiente, lembrando a eles que não é apenas uma questão de pagar a conta de luz no fim do mês, pois a produção de energia pode ter um impacto negativo muito mais danoso, dependendo da fonte utilizada.

Pesquise um pouco sobre a matriz energética de alguns países e reflita sobre como as fontes de energia reproduzem a preocupação

desses países com a poluição, seus riscos para a saúde e o meio ambiente, ou mesmo situações políticas e econômicas.

Assim, você poderá estimular o **pensamento crítico** de seus alunos ao provocar **debates** sobre o tema, mostrando que existem diversos fatores a serem considerados e que a solução do problema energético não é tão simples quanto alguns discursos, muitas vezes tendenciosos, fazem acreditar.

Além da promoção do raciocínio crítico e de discussões em sala de aula, não se esqueça que a **solução de exercícios** é de grande importância no ensino de física, apesar de muitas vezes não utilizada da melhor maneira.

Normalmente, exercícios têm sido utilizados com o objetivo de fixar conteúdos abordados e, muitas vezes, se tornam mecânicos e repetitivos, sem exigir que o aluno reflita sobre o tema. Em muitos casos, eles se limitam a estimular a memorização de fórmulas e a substituição de valores para obter resultados. Esse tipo de abordagem em relação aos exercícios cresceu muito, devido à orientação do ensino estar cada vez mais voltada para o vestibular, o que leva a uma estratégia de especialização por parte das instituições de ensino, de apresentar o máximo possível de exercícios, o que reduz o tempo dedicado a cada exercício e, conseqüentemente, à reflexão sobre eles.

Isso nos remete a uma educação voltada a práticas de memorização e repetição, ao invés do aprendizado e internalização do conhecimento. Sabemos que uma visão mais atual de educação, alinhada com o que é estimulado pelos PCNs, nos direciona a outra abordagem, na qual o conhecimento deve ser útil para o cotidiano do estudante, para o seu trabalho e para ajudá-lo a se comunicar, compreender fenômenos e exercer plenamente sua cidadania.

Uma importante ferramenta para auxiliar no planejamento e preparação de exercícios é a Taxonomia de Bloom. Conforme pode ser visto na Tabela 3.1, ela descreve níveis de maturidade na assimilação de um determinado tema e auxilia a elaborar exercícios e atividades de acordo com esses níveis.

Tabela 3.1 | Níveis da Taxonomia de Bloom, definições e exemplos

Nível	Definição	Exemplos de verbos	Exemplo de exercícios
Conhecimento	O aluno deve recordar ou reconhecer informações e princípio na forma que foram aprendidos.	Escreva, liste, rotule, nomeie, diga, defina.	O aluno deve rotular os reservatórios em um diagrama de máquina térmica.
Compreensão	O aluno deve traduzir, compreender ou interpretar informações com base em conhecimento prévio.	Explique, resuma, parafraseie, descreva, ilustre.	O aluno deve explicar a relação entre energia, calor e trabalho de um gás.
Aplicação	O aluno deve selecionar, transferir e utilizar princípios e dados para completar uma tarefa.	Use, compute, resolva, demonstre, aplique, construa.	O aluno deve calcular o trabalho realizado por gases a partir de gráficos de pressão vs volume.
Análise	O aluno deve distinguir, classificar, além de relacionar pressupostos, hipóteses ou estrutura de uma declaração.	Analise, categorize, compare, contraste, separe.	O aluno deve comparar e categorizar gráficos de pressão vs volume de gases.
Síntese	O aluno deve criar, integrar e combinar ideias num produto, plano ou proposta.	Crie, planeje, elabore hipóteses, invente, desenvolva.	O aluno deve criar um roteiro experimental para verificar a Primeira Lei da Termodinâmica.
Avaliação	O aluno deve apreciar, avaliar ou criticar se baseando em padrões e critérios específicos.	Julgue, recomende, critique, justifique.	O aluno deve julgar a importância do planejamento adequado dos exercícios para que eles não se tornem repetitivos e mecânicos.

Fonte: elaborada pelo autor se baseando no Quadro 1 (PELISSONI, 2010, p.135).

Com base nessa taxonomia, podemos utilizar os dois primeiros níveis (conhecimento e compreensão) para um primeiro contato com o tema, onde o aluno irá recordar e reconhecer informações. Aqui, estimular a memorização e a aplicação direta de fórmulas pode ser útil. O importante é não parar nos primeiros níveis, mas avançar.

Após o primeiro contato, podemos trazer para a sala de aula atividades de aplicação e análise, para reforçar a assimilação do tema, e utilizar atividades de transferência, onde o mesmo conhecimento é aplicado em contextos distintos.

Por fim, devemos trazer atividades mais elaboradas e trabalhos em grupo, que permitam atingir os níveis de síntese e avaliação, onde o aluno precisa já ter desenvolvido uma maior familiaridade com o tema. Assim, ele terá a oportunidade de planejar atividades, realizar a tomada de decisões e criticar decisões já tomadas, além de trabalhar efetivamente em grupos, combinando ideias.

Exercícios são uma importante ferramenta didática, mas, como toda ferramenta, devemos refletir sobre como utilizá-la. Por exemplo, exercícios permitem ao professor orientar o aluno a refletir sobre aspectos que não foram falados explicitamente em aula, mas que podem ser deduzidos a partir do conteúdo abordado. Ou ainda, um exercício realizado em sala de aula pode ser o tema de debate envolvendo os alunos, de modo a dar importantes informações sobre suas dificuldades e como eles abordariam o problema.

Lembre-se que um exercício não permite somente avaliar o aprendizado de um aluno, mas pode ser elaborado de modo a permitir que ele aprenda mais durante sua resolução.



Exemplificando

Um exemplo de exercício bastante capaz de orientar os alunos a utilizarem o conteúdo abordado, para refletir e obter novos conhecimentos, seria mostrar a eles os diagramas das máquinas a vapor de Newcomen e de Watt e perguntar o que eles acham que permitiu a melhora na eficiência, proporcionada pela máquina de Watt.

As duas máquinas são muito semelhantes e a principal diferença é que na máquina de Watt a condensação do vapor é feita em uma câmara separada, evitando que, a cada ciclo, o vapor perca energia para aquecer as paredes do cilindro onde corre o pistão.

Após a conclusão dos alunos, esse exercício pode ser expandido para um exercício quantitativo ao se perguntar a quantidade de calor economizada por ciclo.



Assimile

A Taxonomia de Bloom é uma ferramenta muito útil para o planejamento de exercícios com diferentes níveis de dificuldade, o que naturalmente evita que os exercícios se tornem repetitivos e mecânicos, uma vez que esses tipos de exercícios seriam adequados apenas nos primeiros níveis da taxonomia e, portanto, nos primeiros momentos da aprendizagem dos estudantes.

A elaboração de relatórios é uma atividade excelente para desenvolver os diversos níveis da Taxonomia de Bloom, permitindo desde a realização de cálculos simples necessários para o desenvolvimento do relatório, mas permitindo atingir os níveis mais altos de síntese e avaliação, quando são tomadas decisões no que se

refere às atividades realizadas e quando são discutidas as conclusões. Também, existe um grande ganho em termos de capacidade de comunicação em linguagem escrita.

Relatórios podem apresentar diversos modelos, dependendo da sua área e do seu objetivo, como a presença de seções separadas para materiais ou para análises de dados. Mas o objetivo básico de um relatório é transmitir informação embasada em dados e em outras informações apresentadas, que também devem ser apresentadas ou ao menos referenciadas, indicando onde é possível encontrar aquela informação.

Como pode ser visto nos modelos exigidos pelas diversas agências de fomento científico, mesmo quando falamos especificamente de relatórios científicos, muitos modelos são possíveis, mas pode-se dizer que eles seguem aproximadamente uma estrutura básica contendo:

1. Introdução, na qual falamos da importância do tema, suas aplicações, contexto histórico.
2. Embasamento teórico, no qual é apresentado o conhecimento sobre o tema necessário para que o leitor possa compreender as partes seguintes.
3. Procedimento, no qual se descreve o procedimento realizado de modo a permitir a reprodução do mesmo.
4. Resultados, nos quais se apresentam os resultados obtidos pelo procedimento.
5. Conclusões, nas quais analisamos criticamente os resultados.

Dependendo da área de pesquisa, essa estrutura pode mudar. Por exemplo, em áreas onde o procedimento experimental possui muita relevância, é comum possuir uma seção separada sobre os materiais utilizados.

Quando utilizamos relatórios como ferramenta didática, devemos deixar muito claro para os estudantes a estrutura a ser seguida. Além disso, é importante que se dê foco nas partes mais "individuais" do relatório, para evitar que o relatório seja simplesmente copiado de alguma fonte na internet. Por exemplo, pode-se pedir fotografias

das montagens experimentais ou mesmo vídeos da realização dos experimentos, cada vez mais comuns no YouTube. Ou ainda, fazer perguntas específicas sobre a realização das atividades, por exemplo, como determinado passo foi executado e o motivo dessa solução, e se tentaram outras.

Existem diversas ferramentas para verificar se determinado texto foi copiado de outra fonte. Como o CopySpider (2017), (disponível gratuitamente em: <<http://www.copyspider.com.br/main/pt-br/download>>. Acesso em: 3 mar. 2017) que compara os textos avaliados com diversas fontes na internet e calcula a fração do texto que parece ter sido copiada, indicando a possibilidade de plágio. Ele permite também consultar os sites apontados, para que o professor verifique se realmente houve plágio, ou se foi um engano.

É importante que o professor oriente continuamente seus estudantes a evitar o plágio, uma vez que se apropriar do trabalho de outro é antiético, além de prejudicar os próprios estudantes ao reduzir (ou mesmo anular) o aprendizado planejado com a atividade relatada.

Sem medo de errar

Estamos acompanhando a história de um professor de física que resolveu reformular sua maneira de ensinar. Após pesquisar sobre novas metodologias de ensino e avaliação, ele reformulou seu modo de ensinar mecânica dos fluidos e termodinâmica. A reformulação foi profunda, desde um maior uso de atividades experimentais, maior ênfase no protagonismo do estudante no processo de ensino-aprendizagem e até o modo de avaliar os estudantes.

Para finalizar o ciclo que incluía o estudo de mecânica de fluidos e termodinâmica, o professor julgou interessante propor uma aula especial sobre o tema energia. Esse evento consistiu de apresentações, pelos alunos, sobre temas relacionados à energia, escolhidos pelos alunos, com o apoio do professor.

Além da realização das apresentações, foram solicitadas duas atividades escritas. A primeira foi um relatório por grupo, descrevendo detalhadamente as atividades realizadas, que permitiu a estruturação das ideias por parte dos alunos, auxiliando na preparação das apresentações.

A segunda atividade foi individual, onde os alunos descreveram as próprias contribuições para as atividades do grupo, onde foi estimulada a apresentação de fotografias e onde eles deveriam realizar uma autoavaliação, atribuindo-se uma nota e a justificando.

E você, gostou da solução encontrada pelo professor? O que você sugeriria, para tornar a atividade ainda mais rica e significativa?

No dia da apresentação, alguns alunos apresentaram pequenas máquinas térmicas e discutiram o seu funcionamento, enquanto outros preferiram falar sobre energia limpa e o meio ambiente. Junto a esse evento final, os alunos entregaram as duas atividades escritas.

O professor ficou satisfeito com o resultado obtido, mesmo que, no início, ele tivesse receio de que os alunos apenas copiassem algum conteúdo da internet e se autoatribuissem nota máxima, o que não ocorreu, graças a um trabalho contínuo de conscientização dos alunos e acompanhamento do andamento dos trabalhos.

Para atribuir notas na avaliação formativa, o professor utilizou as diversas anotações que tomou ao longo do período, atentando muito em características comportamentais (de comunicação, na iniciativa de questionar e expor as próprias dúvidas) e, principalmente, para a evolução observada no mesmo período. Inicialmente, foram observados desde alunos que, por timidez, queriam expor do modo mais rápido possível até alunos que desdenhavam dos erros dos outros. No entanto, ao longo do período, esses comportamentos melhoraram, uma vez que ficou claro, com o tempo, que todos cometiam erros, mas também que todos estavam desenvolvendo suas habilidades de comunicação, que seriam fundamentais futuramente no mercado de trabalho.

O professor de nossa história notou o aumento da participação dos estudantes e do seu protagonismo na melhoria do processo de ensino-aprendizagem, que resultou inclusive em bons resultados nas avaliações tradicionais exigidas pela escola.

Estudante, o que você achou das decisões tomadas pelo professor? Você faria a mesma coisa? Que tal elaborar uma versão pessoal do plano traçado pelo professor, baseado nas suas próprias experiências e na realidade dos alunos e das escolas de sua região?

Revolução Industrial e interdisciplinaridade

Descrição da situação-problema

Um professor de física foi informado pelos estudantes que o tema das próximas aulas de história seria a Revolução Industrial. Ele procurou o professor de história de sua escola, onde ambos lecionavam para turmas de ensino médio em horários consecutivos, e perguntou se ele aceitaria juntar as duas aulas e fazer uma grande aula interdisciplinar misturando física e história.

O professor de história aceitou a proposta e ambos começaram a refletir sobre quais conteúdos e como abordar esses conteúdos, em uma aula mista. Como a atividade poderia ser conduzida?

Resolução da situação-problema

Uma grande oportunidade seria falar sobre as primeiras máquinas térmicas, da difusão das máquinas a vapor, sobre a eficiência das máquinas térmicas e sobre o uso do carvão. Ele, então, expôs suas ideias para o professor de história, que se animou em comentar sobre os impactos sociais e ambientais da Revolução Industrial.

Eles planejaram o roteiro da aula ao longo da semana e reservaram o auditório da escola para a atividade especial. Inicialmente, o professor de história começaria falando como eram as fábricas antes da Revolução Industrial, em seguida, o professor de física falaria sobre o desenvolvimento das primeiras máquinas a vapor e a questão da eficiência dessas máquinas a carvão, seguido de pinturas e fotografias de cidades industrializadas e poluídas, conforme podemos ver na Figura 3.9. Depois, o professor de história conduziria um debate sobre o impacto econômico e ambiental da Revolução Industrial.

Figura 3.9 | Fumaça de indústrias no fim do século XIX



Fonte: Wikimedia Commons, disponível em: <<https://goo.gl/i8XYnC>>. Acesso em: 3 mar 2017.

Por fim, os estudantes seriam divididos em grupos, para a realização de um trabalho, que contaria na avaliação de ambas as disciplinas.

Faça valer a pena

1. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Uma máquina térmica utiliza calor de uma fonte para produzir trabalho,
PORTANTO,

II. quanto maior a quantidade de calor necessária para produzir o mesmo trabalho, mais eficiente é a máquina.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.
- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

2. “Quase todos os dias, os jornais estampam notícias sobre a necessidade de mudar a matriz energética mundial, combater o uso indiscriminado de combustíveis fósseis e utilizar fontes de energia renováveis e menos poluentes. As mudanças climáticas, também causadas pela emissão dos gases poluentes oriundos da produção de energia, e a necessidade econômica e estratégica de depender menos do petróleo e de outros combustíveis fósseis são razões para isso. Não é à toa que, entre essas notícias, há tantas

sobre o Brasil. Nesse assunto, o país possui trunfos importantes e muitos desafios.” (MALZONI, 2010).

Sobre as fontes de energia que compõem a matriz energética de um país, podemos afirmar que:

- a) O impacto ambiental causado pela produção da energia tem ganhado muita importância, uma vez que os danos provocados pela poluição excessiva se mostram catastróficos e muitas vezes irreversíveis.
- b) O principal critério para escolha de uma fonte de energia deve ser o custo por unidade de energia produzida.
- c) A matriz energética de um país deve ser baseada em uma fonte na qual aquele país possa se especializar.
- d) A matriz energética de um país deve ser diversificada e focada principalmente no uso de combustíveis fósseis.
- e) O impacto ambiental causado pela produção da energia tem ganhado muita importância, no entanto, isso não foi suficiente para aumentar os investimentos em pesquisa sobre fontes de energia mais limpas.

3. O uso de exercícios é de grande importância no ensino de física, apesar de muitas vezes ser utilizado de modos que não são eficazes para obter o máximo do aprendizado. Normalmente os exercícios têm sido utilizados apenas com o objetivo de _____ os conteúdos abordados e muitas vezes se _____, sem exigir _____ sobre o tema por parte do aluno, muitas vezes se limitando a efetuar os cálculos necessários.

Complete as lacunas do texto base, considerando o modo como exercícios são utilizados no ensino de física.

- a) Fixar – tornam mecânicos e repetitivos – reflexão.
- b) Aprofundar – tornam mecânicos e repetitivos – reflexão.
- c) Fixar – tornam estimulantes e desafiadores – cálculos.
- d) Aprofundar – tornam mecânicos e repetitivos – reflexão.
- e) Fixar – tornam estimulantes e desafiadores – cálculos.

Referências

- BOFF, Cleber Adelar; BARROS, Gilian Cristina. Importância da história no ensino de hidrostática. **Revista Intersaberes**, [s.l.], v. 9, n. 17, p. 189-198, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.uninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/501/379>>. Acesso em: 14 jan. 2017.
- BRAATHEN, Christian. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 43-45, nov. 2000. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc12/v12a10.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2017.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.
- COPYSPIDER. CopySpider freeware – download. Disponível em: <<http://www.copyspider.com.br/main/pt-br/download>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- EDITORA MELHORAMENTOS LTDA. **Michaelis Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa**. 2017. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=fluido>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- HART-DAVIS, Adam et al. **O livro da ciência**. São Paulo: Globo Livros, 2014. 352 p.
- MALZONI, Isabel. Entenda a matriz energética brasileira. **Nova Escola**. 2010. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/110/entenda-a-matriz-energetica-brasileira>>. Acesso em: 4 fev. 2017.
- MANUAL DO MUNDO COMUNICAÇÃO. **Construa um motor movido a vela (motor stirling)**. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=egNRHP6pMUo>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 115-121, ago. 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769>>. Acesso em: 29 jan. 2017.
- PALHETA, Franciney C. **Biofísica da circulação sanguínea**. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/ensinofts/tcc.html>>. Acesso em: 15 jan. 2017.
- PELISSONI, Adriane M. Soares. Objetivos educacionais e avaliação da aprendizagem. **Anuário de Produção Acadêmica Docente**, Valinhos, v. 3, n. 5, p. 129-139, abr. 2010. Disponível em: <<http://www.sare.anhanguera.com/index.php/anudo/article/view/1585/745>>. Acesso em: 4 mar. 2017. PIUBÉLI, Umbelina G.; PIBÉLI, Sérgio Luiz.
- FONTE DE HERON. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, p. 97-102, nov. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9994/14541>>. Acesso em: 29 jan. 2017.
- RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **24-5 Entropia e rendimento de máquinas**. In: RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. Física 2. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2017. Cap. 24. p. 287-290.
- TEIXEIRA, Mariane Mendes. **Plasma**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/plasma.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. **História das máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/historia-das-maquinas-termicas.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2017.

UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER. **PhET Interactive Simulations**. Disponível em: < <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Seara da ciência**. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/flu1.htm>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

Ensino de Mecânica e Física Moderna

Convite ao estudo

Olá! Na última unidade, vimos algumas das boas práticas para o ensino de Física aplicadas às áreas de Mecânica de Fluidos e Termodinâmica. Além disso, vimos uma discussão a respeito da importância e do papel da avaliação do processo de ensino-aprendizagem, sua relação com o desempenho dos estudantes e também sua função como ferramenta para uma autoavaliação do professor. Falamos também sobre o uso de exercícios no ensino de Física, sua importância e alguns modos de utilizá-los.

Nessa unidade, abordaremos os temas Mecânica e Física Moderna, além de discutir a importância de uma boa preparação para todas as atividades realizadas em sala de aula, o que se reflete na preparação de planos de aula e roteiros de aula prática eficientes. Na Seção 4.1, veremos a importância dos planos de aula e alguns tópicos sobre ensino de Cinemática, que permite a descrição dos movimentos; na Seção 4.2, conheceremos uma metodologia para o planejamento de atividades experimentais e também alguns tópicos sobre o ensino de Dinâmica, relacionando o movimento dos corpos com as forças às quais ele está submetido; na Seção 4.3, veremos algumas possibilidades do uso da Física Moderna para estimular a curiosidade pela ciência nos estudantes.

Para motivar essa discussão, você se colocará no lugar de um jovem professor que acaba de se formar e está iniciando sua carreira docente, enquanto também aprofunda seus estudos em ensino de Ciências. Imagine que você acabou de conseguir seu primeiro emprego para fazer o que mais gosta, ensinar. Você está extremamente empolgado, pois este será o momento de implementar tudo o que foi aprendido na faculdade e nas suas

pesquisas sobre o ensino. Por meio dessa observação direta, você poderá discernir melhor, dentre as possíveis práticas e metodologias, sobre as que são mais adequadas aos seus alunos.

Logo na sua contratação, já surgiu um grande desafio. Enquanto você falava dos seus conhecimentos teóricos sobre práticas de ensino, a diretora da escola, ciente de sua inexperiência, lhe pediu algo bem prático. Ela solicitou a entrega antecipada dos planos de aula para o ensino de Mecânica e de Física Moderna, que seriam conteúdos a serem abordados em sala de aula. Ela não fez isso por duvidar de sua competência, mas, sim, para ajudar em seu período de adaptação e disse, inclusive, que estaria à disposição para dar ideias e contribuir para a melhoria dos planos. Então, essa é a nossa tarefa!

Seção 4.1

Cinemática

Diálogo aberto

Após anos de estudo, você consegue seu primeiro emprego como professor de Física para uma turma de ensino médio. Você está empolgado para aplicar todo o conhecimento adquirido ao longo da sua graduação, pois acredita ter sido bem preparado para trabalhar.

Todo o estudo sobre boas práticas de ensino, sobre legislação educacional, sobre modelos de avaliação, sobre experimentos de baixo custo no ensino será agora implementado na prática. Com certeza, isso trará importantes informações para refletir e avaliar todo esse conhecimento, o que será fundamental para que você possa se tornar um professor melhor.

A diretora da escola solicitou a entrega antecipada dos planos de aula para os conteúdos a serem abordados. Você logo iniciou a tarefa, desejando realizar um excelente trabalho, e precisa preparar o primeiro plano de aula, que introduz a Cinemática. O objetivo da diretora com o pedido foi auxiliar você no período de adaptação e já estimular, desde o início, o planejamento antecipado e práticas organizacionais que impactam muito a efetividade das aulas.

Quanta experiência você tem com a produção de planos de aula? Você compreende como é fundamental ter uma boa preparação para todas as suas aulas e atividades de ensino? Mas como produzir um bom plano de aula? Existem modelos a serem seguidos ou é sempre algo muito pessoal?

Para responder a essas e outras perguntas, iremos abordar questões relacionadas à organização e planejamento das atividades de ensino a serem realizadas, com aplicações específicas para a Cinemática.

Não pode faltar

A palavra Cinemática derivou da palavra grega *kinema*, que significa movimento. Dessa forma, a Cinemática estuda os movimentos e como eles podem ser descritos, não os relacionando com seus

causadores, ou seja, com a ação das forças. A Dinâmica, por sua vez, estuda a relação entre as forças aplicadas em um corpo e o seu movimento resultante. Falaremos mais sobre ela na próxima seção.

Logo no início dos estudos sobre os movimentos, iremos nos deparar com uma distinção entre corpo e partícula, que reflete a importância das dimensões do objeto quando seu movimento é estudado. Quando falamos de partículas, isso significa que suas dimensões são irrelevantes para o problema analisado e podem ser desconsideradas, tratando-se então o objeto como um ponto; por outro lado, quando falamos de um corpo ou corpo extenso, estamos nos referindo a objetos cujas dimensões são relevantes quando comparadas com as dimensões do movimento em si e, portanto, devem ser consideradas.

Esta classificação não depende apenas do corpo que se move, mas também das perguntas a serem respondidas. Por exemplo, ao estudar o disparo de um projétil (por um canhão) contra um alvo muito distante, podemos tratar o projétil como uma partícula; mas quando queremos saber se uma bola de tênis de mesa vai resvalar na rede e desviar o saque, seu raio deve ser considerado e devemos tratá-la como um corpo extenso. Mesmo que a bola seja muito menor que a bala de canhão, o importante é a influência das suas dimensões na situação estudada.

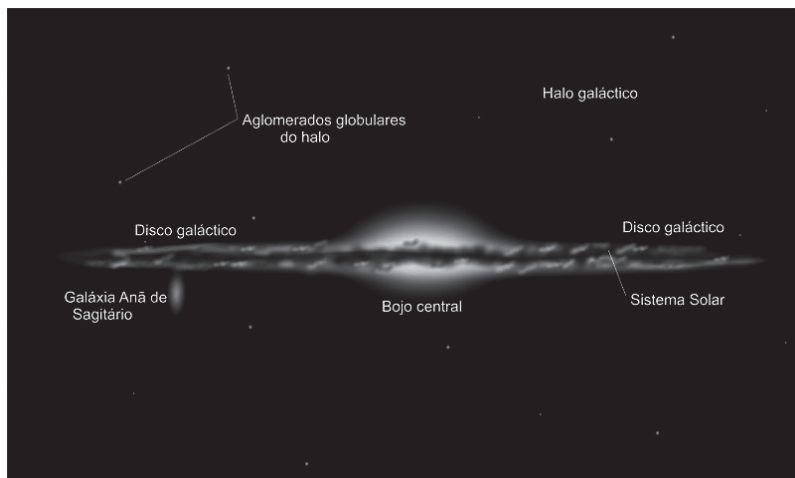


Refleta

A classificação de um objeto como partícula ou corpo extenso, assim como diversos outros conceitos físicos, é relativa ao caso analisado e às perguntas realizadas. Por exemplo, a Terra pode ser considerada uma partícula quando analisamos a trajetória de um avião ao redor dela? E quando estamos calculando a órbita terrestre ao redor do Sol?

Observe a Figura 4.1 para comparar as dimensões do Sistema Solar em proporção à Via Láctea (que é um ponto indistinto no disco galáctico): nesse caso, o Sol deve ser considerado uma partícula ou um corpo extenso, quando falamos do seu movimento junto ao disco galáctico, ao redor do centro da Via Láctea?

Figura 4.1 | Concepção artística da Via Láctea contendo o Sistema Solar



Fonte: <<https://goo.gl/95VBFT>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

Um tratamento errado e infelizmente comum no ensino de Cinemática se reduz a uma explicação sem grande profundidade sobre tipos de movimento, de acordo com sua aceleração e mudança de direção, seguida de uma resolução de exercícios onde é necessário classificar o movimento descrito no enunciado, por exemplo: Movimento Retilíneo Uniforme ou Movimento Retilíneo Uniformemente Variado; e depois aplicar fórmulas memorizadas e adequadas a cada uma dessas categorias de movimento.

Embora os tópicos indicados sejam importantes, eles devem ser apresentados de modo a priorizar um processo de ensino-aprendizagem com base na compreensão do fenômeno e com ênfase no protagonismo do aluno.

O conhecimento e a memorização dos tipos de movimento e das equações podem até ser considerados, quando pensamos nos primeiros níveis da Taxonomia de Bloom (conhecimento e compreensão), mas o processo de ensino-aprendizagem deve se estender aos outros níveis, contemplando assim discussões mais profundas sobre os problemas analisados.

Devemos sempre buscar uma abordagem mais significativa e contextualizada, na qual a discussão dos conceitos básicos da Cinemática (posição, velocidade e aceleração) deve ser relacionada

com a intuição que os alunos têm do mundo que nos rodeia.

Na Cinemática, diversos conceitos fundamentais são estudados pela primeira vez, como padronização de grandezas e unidades de medida, estudo de valores de grandezas e de suas variações, diferença entre grandezas escalares e vetoriais, entre outros.

Para as grandezas vetoriais, é possível estudar a decomposição de vetores, por exemplo, e verificar como esse processo é útil em movimentos produzidos por lançamentos oblíquos, quando o movimento ocorre na direção horizontal e vertical simultaneamente. Nesse movimento, é possível analisar separadamente as componentes horizontais e verticais das grandezas vetoriais posição, velocidade e aceleração.

Para um tratamento correto da Cinemática, é também essencial o uso de atividades experimentais, principalmente exploratórias, como o movimento de bolas de sinuca, cilindros rolando em planos inclinados ou mesmo o uso de barbantes e trenas, para medir o movimento relativo entre os alunos. Os mesmos barbantes podem ser utilizados por três alunos simultaneamente (ou mesmo dois alunos e um ponto fixo), para estudar movimentos circulares ao se observar a variação do ângulo observado pelo aluno do meio, devido ao movimento dos outros dois em relação a ele.

O estudo da cinemática também permite trabalhar a capacidade do estudante de representar matematicamente e graficamente as informações apresentadas. A extração de informação dos gráficos e a compreensão do conceito de escala são pontos-chave. São boas oportunidades para contextualizar as funções e gráficos com movimentos reais, observados no cotidiano.

Isso permite ao aluno entender que os conceitos vão além da pura abstração matemática, além de conseguir utilizar seus novos conhecimentos na sua própria vida cotidiana, ao lidar com os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração.

Uma boa compreensão de gráficos, histogramas e infográficos pode permitir aos estudantes um melhor entendimento de textos e notícias que se utilizem desses recursos, que são extremamente úteis para resumir informações. Basta comparar a facilidade de

identificação de padrões de um gráfico ou em uma tabela contendo o mesmo conteúdo. Uma técnica interessante para ensinar os estudantes a construir gráficos é mostrar diversos gráficos com erros, discutir como aqueles erros comprometem a compreensão do gráfico e caminhos para evitar estes erros.

A maioria dos problemas de cinemática podem ser resolvidos através da análise de gráficos, por exemplo: gráficos em função do tempo e da velocidade, aceleração ou posição. Por meio do uso destes gráficos, os alunos podem realizar leituras de valores fornecidos pelos eixos, além de também realizar outras interpretações, como o cálculo da área da região delimitada pelo gráfico, método pelo qual é possível obter o valor numérico de alguma grandeza física. Ou, ainda, esboçar os gráficos de posição ou velocidade em função do tempo, para calcular a velocidade ou aceleração média.



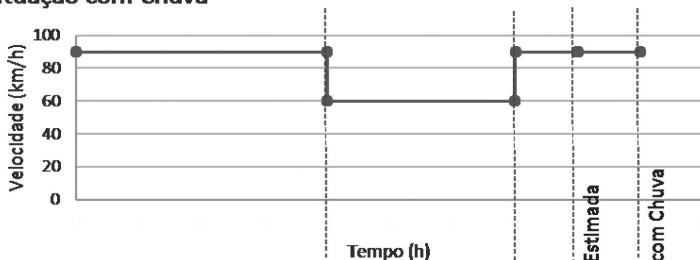
Exemplificando

Para exemplificar o uso de gráficos para solução de problemas de cinemática, resolvamos o seguinte exemplo:

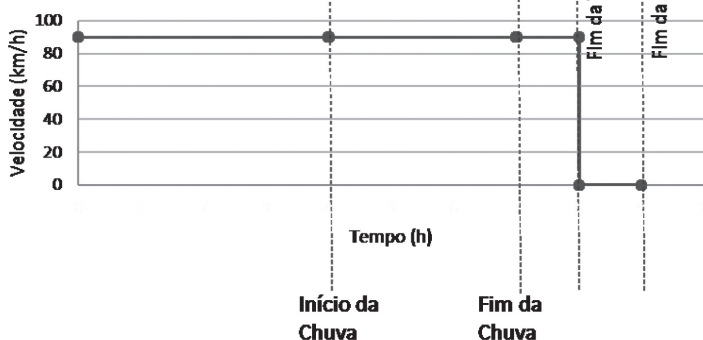
Um motorista estimou o tempo de uma viagem considerando uma velocidade média de 90 km/h, que ele manteria em condições normais. No entanto, em um dado momento da viagem, começou a chover e ele reduziu sua velocidade por questões de segurança, tendo se deslocado a uma velocidade média de 60 km/h durante a chuva. Quando a chuva parou, após 30 minutos, ele retornou à velocidade prevista para condições normais até o fim da viagem. Qual foi o aumento no tempo de viagem devido à chuva?

Figura 4.2 | Gráficos comparativos das situações do exercício

Situação com Chuva



Viagem Estimada



Fonte: elaborada pelo autor (2017).

Resolução:

Como podemos observar nos gráficos, no período de tempo antes do início da chuva e no período entre o fim da chuva e o fim da viagem estimada, as duas situações não apresentam diferenças. Podemos considerar então apenas os períodos durante a chuva e após o fim da viagem estimada (que é o tempo extra que estamos procurando).

Dado que em ambas as situações o motorista deve percorrer a mesma distância, a distância percorrida durante a chuva mais a distância percorrida após o fim da viagem estimada deve ser igual à distância percorrida originalmente.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t$$

Ou seja, a distância total percorrida corresponderá à área nos dois gráficos da Figura 4.2:

$$\Delta s = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 30 \text{min} + t_{\text{extra}} \cdot 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 30 \text{min}$$

Convertendo todas as unidades de tempo para horas:

$$60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{2} \text{h} + t_{\text{extra}} \cdot 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{2} \text{h}$$

Isolando o tempo extra desejado:

$$t_{\text{extra}} \cdot 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{2} \text{h} - 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{2} \text{h} = 15 \text{km}$$

$$t_{\text{extra}} = \frac{15}{90} \text{h} = 10 \text{min}$$

Falemos agora sobre a importância dos planos de aula. Em qualquer atividade profissional, o planejamento é importante, pois traça um procedimento a ser seguido e otimiza os recursos utilizados. Como você se sentiria caso fosse assistir a uma palestra sobre um assunto do seu interesse e, ao chegar lá, o palestrante ficasse lendo um texto interminável ou falando coisas desconexas talvez até fugindo do tema proposto?

É durante o planejamento das aulas que serão definidos seus objetivos ("afinal para que serve esta aula?") e sua execução ("como atingir estes objetivos?"). É importante verificar com antecedência os recursos necessários e sua disponibilidade, por exemplo: se a sala possui um aparelho para exibir vídeos ou mesmo os materiais para executar atividades experimentais, ou ainda computadores para o uso de jogos educativos. Também, é importante estimar o tempo necessário para cada atividade planejada, ainda que essa estimativa não seja exata, afinal, uma discussão interessante pode tomar mais tempo que o esperado e pode ser proveitoso mantê-la, mas ela não deve tomar tanto tempo que venha a atrapalhar os outros objetivos da aula.

Sem o planejamento adequado, dificilmente será possível executar diferentes atividades em sala de aula de modo proveitoso. Normalmente, é durante o planejamento das aulas que você irá buscar e encontrar materiais interessantes para serem utilizados como apoio: vídeos, textos, exercícios, experimentos, entre outros. Assim, sem a etapa de planejamento, pode ser que diversos recursos que podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem não sejam separados e utilizados.

Além disso, o planejamento também é uma oportunidade para o professor se aprofundar, revisar conteúdos que serão abordados e também o modo como eles serão abordados. Talvez o trecho do filme que parecia interessante para determinado estudo não atraiu a atenção dos estudantes ou, ainda, os trechos do filme que chamaram a atenção deles não foram aqueles esperados e fosse necessário dar um pouco mais de orientação, da próxima vez. Sendo assim, é importante anotar os resultados positivos e negativos obtidos para então rever a abordagem, melhorando o plano de aula para utilizá-lo uma próxima vez.

Vale dizer que uma das vantagens de se preparar adequadamente os planos de aula é o efeito que isso possui na sua própria motivação como professor. Quem se sentiria estimulado ao dar aulas repetitivas, desinteressantes e que muitas vezes deixam a desejar?

Mesmo que o plano de aula não possua um modelo rígido a ser seguido, ao planejar aulas é importante lembrar alguns pontos de grande utilidade. Por exemplo, no início da aula é essencial uma retomada do conteúdo anterior e dar uma breve descrição do que será estudado na presente aula e seus objetivos. Sempre que possível, reserve algum tempo na sequência para atividade de contextualização com espaço para debate, que pode ser estimulado por uma pergunta norteadora ou algum experimento capaz de despertar a curiosidade do estudante. Isso incentiva os alunos a debaterem e se expressarem, promovendo assim o desenvolvimento da capacidade de comunicação em um contexto mais científico.

Outra possibilidade seria utilizar, nesta atividade de contextualização, uma atividade experimental ou apresentar uma imagem ou vídeo, como norteadores do debate. Lembre-se: qualquer que seja o recurso utilizado, ele deve ser preparado antecipadamente. Após essa

atividade, normalmente é necessário seguir com a aula expositiva, utilizando outros recursos que sejam úteis, porém, lembrando sempre que os alunos devem ser estimulados a escrever e fazer anotações, além de questionar, pois essa é a melhor forma de aprendizado e assimilação.

Também, é importante destacar, no plano de aula, em quais momentos é possível retomar assuntos já estudados, de modo a relembrar conteúdo ou os expor novamente, utilizando novos conceitos estudados. Outro ponto de interesse são as possibilidades de trabalhar perspectivas interdisciplinares com outras disciplinas.

Ao final de uma aula, é possível retomar alguns temas-chave, verificando se os alunos já são capazes de interpretá-los de uma forma mais avançada. Ou, ainda, realizar alguma atividade avaliativa para verificar o sucesso em alcançar os objetivos definidos.



Pesquise mais

Na internet é possível encontrar diversos planos de aula e mesmo modelos a serem preenchidos. Por exemplo, o produzido por Pucci (2017) e disponibilizado pelo site UOL Educação no link: <<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-cinematica-e-mecanica---movimentos-relativos.htm>>. No link, o autor apresenta um plano de aula contendo os objetivos a serem atingidos, a sequência de atividades que ele espera executar, uma atividade de avaliação e as referências bibliográficas utilizadas.

Ou, então, na página do UOL Educação (2017), disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica/>> (acesso em: 24 mar. 2017), encontram-se planos de aula para diversos tópicos de Física.

A prática simultânea da atividade docente e pesquisa sobre ensino possui muitos aspectos positivos, onde uma atividade beneficia e é beneficiada pela outra. Além de aspectos comuns a toda atividade de pesquisa que podem influenciar positivamente a atividade docente, como o hábito da reflexão, a autocrítica, da formação contínua e a busca por se manter atualizado em determinados temas de interesse, podemos observar também os benefícios da atividade docente na pesquisa sobre ensino, por exemplo: a familiaridade prática com seu objeto de pesquisa e a oportunidade de verificar, na prática, as diversas teorias e metodologias estudadas.

Em adição às características citadas acima, um aspecto importante da realização simultânea dessas atividades é o acesso a grupos de pesquisa capazes de debater e buscar soluções para problemas e dificuldades reais, observadas em sala de aula e na escola, o que aumenta consideravelmente o impacto positivo provocado pelo docente no ambiente escolar.



Pesquise mais

Um aprofundamento para compreender melhor os benefícios de ser um professor pesquisador da própria prática pode ser encontrado na tese de doutorado de Rocha (2011), onde a autora expõe sua experiência docente em cursos de alfabetização científica. Nesse trabalho, são apontadas reflexões sobre o apoio recebido do grupo de pesquisa, do qual a autora fazia parte, até uma análise das ações e estratégias adotadas pela professora.

Sem medo de errar

Após se formar e conseguir seu primeiro emprego em uma escola, você professor estava empolgado para exercer a profissão para a qual tinha se formado. Nesta unidade, você deve aproveitar a oportunidade para colocar seus conhecimentos em prática.

Lembre-se: a diretora da escola lhe pediu os planos de aula a serem utilizados nas primeiras aulas e você iniciou a preparação com o plano para o ensino de Cinemática. Após realizar uma pesquisa sobre planos de aula e observar alguns modelos, você julgou interessante buscar auxílio na experiência de outros professores, e mesmo de seus antigos professores da faculdade, baseando-se também na experiência prática deles. A primeira coisa que você percebeu é que não existe um formato rígido a ser seguido, mas que uma aula deve ser cuidadosamente planejada, em termos das atividades executadas e dentro do tempo disponível.

Devemos destacar os objetivos da aula, os recursos utilizados, em que momento é possível trabalhar retomadas de conteúdo e perspectivas interdisciplinares. Além de incluir a distinção de quando resolver atividades e quais deixar aos alunos resolver como tarefa, finalizando com uma verificação: se o objetivo foi atingido (se os alunos assimilaram bem os conceitos). Caso não tenha sido, a parte

que faltou deve ser acrescentada no próximo plano de aula.

Após essa discussão, você está pronto para escrever seu plano de aula? Pense nos tópicos que devem ser abordados: unidades de medidas; grandezas escalares e vetoriais; movimento unidimensional, incluindo os conceitos de posição, velocidade e aceleração médias. São ótimos temas para uma aula inicial, não é mesmo? Consulte um livro texto tradicional para embasar suas anotações teóricas.

Com relação às atividades desenvolvidas em sala, você pode começar com uma avaliação diagnóstica, visando compreender as concepções prévias dos estudantes e observar que muitos dos alunos associam o conceito diretamente com uma fórmula memorizada. Com o objetivo de desconstruir esta inferiorização dos conceitos cinemáticos a meras fórmulas, você pode optar por discutir os conceitos em termos mais práticos.

Isso pode ser realizado com atividades onde os próprios alunos se movimentem, quem sabe em um jogo onde os alunos seguram trenas e barbantes para observar o próprio movimento, principalmente em relação aos outros colegas. Isso é particularmente útil para o desenvolvimento do conceito de vetores e sua aplicação na descrição de deslocamentos. Se alguns estudantes puderem manipular cronômetros, o conceito de velocidade pode ser discutido na mesma atividade.

Ao fim, visando evitar abordar as fórmulas para resolução dos primeiros exercícios, você pode optar por trabalhar o conceito de gráficos e seu uso para solução de problemas de Cinemática. Depois, com uma melhor compreensão conceitual do tema, podemos abordar questões mais difíceis e envolver a utilização de fórmulas, como um facilitador.

O caminho está dado. Construa seu plano de aula, que será muito útil para suas futuras aulas de mecânica.

Avançando na prática

Cinemática e programação de jogos

Descrição da situação-problema

Um professor de Física, ao preparar as aulas de cinemática para

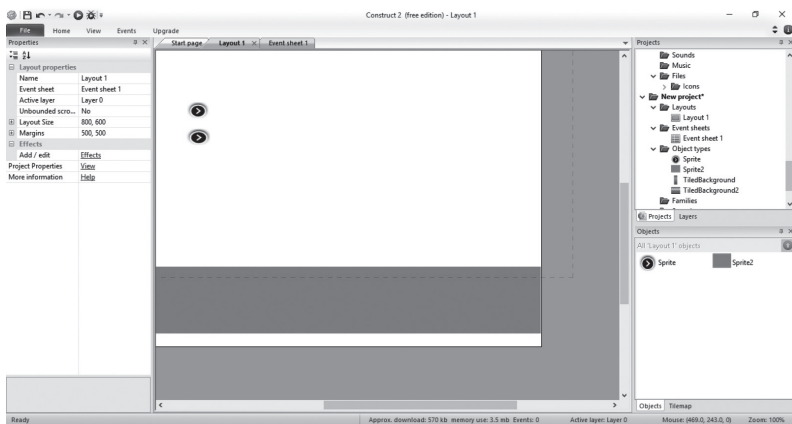
o curso técnico de programação e design de jogos, decidiu utilizar recursos de programação e criação de jogos como atividade principal de sua aula. Ele julgou que programar e visualizar na tela diversos tipos de movimentos poderia constituir uma boa atividade exploratória para os alunos, e eles iriam adquirir familiaridade e intuição sobre as características de cada tipo de movimento.

Resolução da situação-problema

Para desenvolver sua ideia, o professor de Física procurou o professor de programação para perguntar sobre os recursos de programação mais simples para a execução da sua ideia. O professor de programação sugeriu o uso do Construct 2 (SCIRRA LTD, 2017), por oferecer diversas vantagens: uma versão gratuita com uma boa quantidade de recursos, ser simples de aprender, utilizar e devido à grande quantidade de tutoriais básicos disponíveis na internet, inclusive vídeos em português no YouTube.

Como primeira atividade, o professor propôs um jogo muito simples onde os alunos definiriam características como a posição inicial, a velocidade inicial e o ângulo de lançamento de projéteis, e, quando o jogo fosse executado, o movimento deles seria exibido.

Figura 4.3 | Exemplo de jogo simples criado no Construct 2



Fonte: elaborada pelo autor (2017).

Em seguida, o professor pediu aos alunos que propusessem seus próprios jogos, utilizando os comandos vistos na primeira

atividade. Diversos jogos que as condições iniciais do movimento eram definidas foram propostos pelos alunos em variados contextos, como arremessos de basquete que deviam se adequar ao jogador e disparos de canhão visando um alvo em diferentes posições ou com obstáculos.

Tanto o professor quanto os alunos ficaram satisfeitos com os resultados obtidos, pois foi possível realizar uma atividade exploratória, ao se variar os parâmetros dos componentes do jogo, ao mesmo tempo que os alunos tiveram o primeiro contato com uma ferramenta que pode ser útil no seu futuro profissional.

Faça valer a pena

1. Durante o ensino de cinemática, os alunos, muitas vezes, têm contato pela primeira vez com conceitos gerais muito importantes para diversas outras áreas da Física. Como exemplos destes conceitos gerais vistos em cinemática, podemos citar:

1. Decomposição de vetores.
2. Difração e reflexão.
3. Descrição de grandezas físicas através de funções matemáticas.
4. Relatividade de classificações em relação ao problema (por exemplo, partícula ou corpo extenso).

Dentre as opções acima quais são exemplos de conceitos gerais de Física utilizados no estudo de cinemática? Marque a alternativa que indica todas as respostas corretas.

- | | |
|-----------|--------------|
| a) 1 e 2. | d) 2, 3 e 4. |
| b) 1 e 3. | e) 1, 3 e 4. |
| c) 1 e 4. | |

2. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Ao trabalhar o ensino de cinemática, devemos evitar reduzi-lo a simples categorização de tipos de movimento seguido de aplicação de fórmulas memorizadas,

PORQUE

II. as categorizações de tipos de movimentos são um tema que não é suficientemente interessante para ser abordado em sala de aula.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.

- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.
- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

3. Planos de aula são uma importante ferramenta para o planejamento, tanto dos objetivos de cada aula, quanto das atividades executadas para alcançar estes objetivos. Ainda que não exista um formato rígido a ser seguido, é esperado que o plano de aula seja claro e objetivo, além de possuir informações sobre como a aula deve ser conduzida.

Sobre o uso de planos de aula como ferramenta de planejamento, podemos afirmar que:

- a) Planos de aula possuem um modelo normatizado que deve ser obedecido por todos os professores.
- b) Planos de aula devem descrever detalhadamente cada atividade e o tempo reservado a cada uma delas, e este tempo precisa ser seguido à risca para evitar comprometer os objetivos da aula.
- c) Planos de aula devem possuir certa flexibilidade para que a aula não seja comprometida, no caso de algo não sair como planejado.
- d) Planos de aula devem evitar tratar sobre avaliações, pois estas possuem seus momentos específicos para serem aplicadas.
- e) Planos de aula devem trazer somente conteúdos teóricos, pois não há tempo na aula para atividades complementares, como vídeos ou experimentos demonstrativos.

Seção 4.2

Dinâmica

Diálogo aberto

Imagine-se no lugar de um estudante que, logo após sua formatura, conseguiu emprego como professor em uma escola. Imagine sua empolgação ao chegar o momento de aplicar, na prática, seus conhecimentos de ensino de Física.

A diretora da escola, desejando ajudar em seu processo de adaptação, solicitou a produção antecipada dos planos de aula sobre o primeiro tema que você abordará junto aos alunos: Mecânica. Você já escreveu seus planos de aula referentes à Cinemática, descrevendo claramente os objetivos e as atividades que você pretendia realizar para cada aula, deixando a diretora bastante satisfeita.

Apesar de já ter feito as reflexões iniciais sobre como abordar o ensino de Dinâmica durante a escrita dos planos de aula, após conhecer melhor os alunos durante o ensino de Cinemática, você, jovem professor, decidiu modificar um pouco a abordagem para incluir mais experimentos. Observou que seus alunos respondiam muito bem ao estímulo de atividades experimentais simples, realizadas em pequenos grupos, como aquelas feitas com os barbantes para mostrar o movimento relativo entre os estudantes.

Assim, o planejamento das atividades deve envolver a produção de roteiros de aula experimental. Mas como desenvolver essas atividades? Que tipo de materiais e experimentos poderiam ser utilizados para ensinar conceitos de Dinâmica? Como planejar atividades experimentais que possam ser desenvolvidas por todos os alunos? Qual o papel do roteiro do experimento e qual a melhor maneira de construí-lo?

Essas e outras perguntas serão discutidas nesta seção, para que você possa entregar os novos roteiros de aula experimental para a diretora da escola.

Não pode faltar

Na seção anterior, vimos tópicos relacionados ao ensino de Cinemática. Na Cinemática, o movimento é descrito a partir das grandezas posição, velocidade e aceleração, não considerando as causas do movimento e a massa do corpo ou partícula em movimento. Por sua vez, a Dinâmica estuda o movimento descrito pela Cinemática, relacionando-o com suas causas, isto é, com as forças e seus efeitos.

Uma possibilidade para o ensino de Dinâmica é fazer uma contextualização histórica, mostrando o pensamento aristotélico, passando pelos estudos sobre a inércia, realizados por Galileu, e culminando na formulação das Leis de Newton, que são os pilares da Dinâmica. Uma abordagem histórica do desenvolvimento científico é importante para lembrar aos estudantes que a Ciência é uma construção humana, feita através da contribuição de diversos cientistas e não somente como fruto de genialidade individual, como muitas vezes somos levados a crer.

Ao falarmos da Primeira Lei de Newton, devemos contextualizá-la com os diversos exemplos presentes no cotidiano, por exemplo, o que ocorre durante uma brusca frenagem de um ônibus e o movimento das pessoas no seu interior.

É possível destacar que, quando arremessamos uma pedra ou chutamos uma bola de futebol, tanto a pedra quanto a bola continuam seus respectivos movimentos após a aplicação da força cessar, o que só é possível devido à inércia de cada corpo, e que esses movimentos não seriam possíveis se eles só existissem em associação a uma força. Os conceitos de massa e inércia são extremamente importantes e devem ser trabalhados com os alunos.

Ao abordar a Segunda Lei de Newton, devemos destacar o papel da massa como uma medida da resistência de cada corpo à mudança de sua velocidade, que faz com que a força necessária para causar a mesma aceleração em corpos diferentes seja proporcional às suas massas. Podemos falar sobre como a Segunda Lei de Newton nos forneceu meios para quantificar essas massas, através da interação entre corpos e a da observação dos

efeitos dessa interação nas suas velocidades.

Além disso, devemos enfatizar o caráter vetorial desta lei. Quando falamos sobre variação de velocidade, não estamos falando apenas do módulo do vetor, mas também de sua direção e sentido.

Também, podemos chamar a atenção para o fato de a Primeira Lei de Newton estar contida na Segunda e para o longo debate histórico que, por muito tempo, fez distinção entre a massa inercial e a massa gravitacional, sendo que estes conceitos foram unificados há pouco mais de um século, com a Teoria da Relatividade de Einstein.

Ao abordar a Terceira Lei de Newton, podemos destacar o fato de que forças surgem da interação entre corpos e, portanto, surgem em pares, pois todos os corpos da interação experimentam as forças causadas pelos outros corpos. Por exemplo, em uma prova de remo ou natação, o atleta só consegue se deslocar na superfície da água porque empurra uma quantidade de água no sentido contrário ao movimento, o que faz com que a água o empurre na direção do movimento. Esse movimento só é possível devido à interação do atleta ou do remo com a água e não seria possível no vácuo, por exemplo, onde as naves espaciais precisam de outras técnicas, que normalmente envolvem expelir gases combustíveis, para alterar o próprio estado de movimento.

Podemos ainda enfatizar as semelhanças e diferenças das forças de ação e reação, como o fato de possuírem o mesmo módulo e direção, mas sentidos opostos, que atuam em corpos diferentes e, por isso, elas não se cancelam.

Um aspecto interessante que pode ser explorado ao falarmos de interações é o de que existem interações entre corpos distantes, como a interação eletromagnética e a gravitacional, sem a necessidade de contato direto das suas superfícies; e que, mesmo neste caso, a interação produz pares de forças: quando dizemos que a Terra atrai uma caneta, devemos considerar que a caneta também atrai a Terra. Lembrando sempre que é uma interação entre os dois corpos e que a diferença nos movimentos observados, neste caso, é explicada pela Segunda Lei de Newton.



Exemplificando

Um bom exemplo para ilustrar os efeitos do tempo de aplicação de uma força pode ser visto em Hewitt (2009). O autor descreve uma atividade onde um objeto de grande massa é pendurado em um barbante, e outro barbante é preso na parte inferior desse objeto. Caso puxemos o barbante de baixo lentamente, o barbante superior se rompe, caso puxemos bruscamente o barbante inferior, ele se rompe. Por que isso ocorre?

Um tipo de movimento que deve ser estudado separadamente são os movimentos circulares, que sempre são associados a uma força atuante, uma vez que a mudança de direção observada necessita de uma força causadora, de acordo com a Primeira Lei de Newton. Esse efeito pode ser facilmente observado quando giramos um objeto e em seguida o soltamos. Uma vez sem a força para mudar sua direção, ele segue seu movimento retilíneo.

Aqui, é possível iniciar relacionando-se as grandezas definidas para o movimento linear àquelas do movimento circular, como velocidade e velocidade angular ou momento com momento angular. Explicitar que os movimentos circulares também seguem as Lei de Newton, assim como os movimentos lineares, mas, devido às diferenças nas características observadas em cada tipo de movimento, eles costumam ser descritos utilizando grandezas diferentes.

Neste ponto, é importante lembrar que também existem leis de conservação para o movimento circular de modo análogo à do movimento linear, como o momento angular, que pode ser ilustrado com o fato de um pião continuar girando após o barbante se desenrolar. Outro exemplo seria a necessidade de um helicóptero de ter uma hélice secundária para evitar que ele gire no sentido contrário à sua hélice principal.

Muitas das grandezas estudadas em movimentos circulares também estão presentes no estudo de corpos extensos, uma vez que eles podem apresentar movimentos de rotação além do de translação. Aqui, é importante discutir conceitos como torque, através de atividades experimentais para que os alunos observem como a mesma força aplicada em diferentes pontos de um corpo podem levar a resultados distintos.

Deve-se discutir a importância do eixo de rotação enfatizando que, quando observamos uma hélice girando, facilmente identificamos uma região especial relacionada à simetria do movimento dos outros pontos em relação a esta região, que se chama eixo da rotação.



Exemplificando

Para exemplificar os efeitos da aplicação de forças em diferentes pontos de um corpo, podemos realizar uma atividade muito simples. Utilizando uma caneta, demarque onde fica seu centro de massa (na mesma linha dos pontos nos quais conseguimos equilibrar a caneta sobre um dedo). Segure a caneta na vertical com uma mão, solte a haste e dê um peteleco rapidamente com a outra mão, na linha do centro de massa. Como a caneta se deslocou?

Novamente, segure a caneta na vertical com uma mão, solte-a e dê outro peteleco com a outra mão, em uma das extremidades. Como a caneta se deslocou? Qual a maior diferença entre esses dois tipos de movimentos? O que causou essa diferença e como podemos explicá-la?

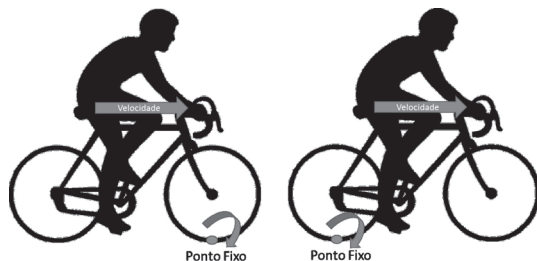


Refleta

Os exemplos presentes no quadro acima são pensados em um contexto de demonstração ou atividade com estudantes, em uma sala de aula. No entanto, podemos pensar em exemplos mais cotidianos, como o freio de uma bicicleta.

O que ocorre quando estamos em alta velocidade e freamos bruscamente utilizando o freio dianteiro? O mesmo ocorre quando utilizamos o freio traseiro? E quando pressionamos o freio dianteiro lentamente, sem bloquear a roda bruscamente?

Figura 4.4 | Frenagem de uma bicicleta, utilizando o freio dianteiro (esquerda) e o freio traseiro (direita)



Fonte: adaptado de <<https://goo.gl/Sj25KG>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

Olhando a Figura 4.4, podemos compreender a razão pela qual a bicicleta tende a levantar a roda traseira quando freamos bruscamente com o freio dianteiro, uma vez que tendemos a girar em torno do eixo fixo que é a roda dianteira. No caso da frenagem com o freio traseiro, essa tendência ao giro ao redor da roda traseira também ocorre, mas a roda dianteira em contato com o chão impede o giro.

O exemplo da bicicleta ilustra bem a importância do uso de vetores no estudo de Dinâmica, e principalmente a relação entre diversos vetores, seja na hora de somar todos os vetores agindo em um determinado ponto, para calcular a força resultante ou para calcular o produto vetorial que nos dá o torque e a velocidade angular.

Como podemos ver, a Dinâmica é uma área da Física extremamente presente no nosso cotidiano e, muitas vezes, de um modo intuitivo, devido à nossa experiência anterior com o mundo ao redor, com o nosso corpo e também com objetos que utilizamos rotineiramente. Por exemplo, ao falar sobre torque e rotação, podemos enfatizar como andar é uma atividade que exige uma série complexa de estágios que requerem muitos conceitos descritos pela Dinâmica: primeiro, deslocamos nosso centro de equilíbrio para frente do nosso eixo de apoio, então, sentimos o torque ao tombarmos para a frente e apoiamos a perna para equilibrar o nosso corpo interrompendo o torque, mas com o centro de massa um passo para a frente.

Esses estágios nem ao menos são percebidos quando caminhamos, pois esta é uma tarefa que repetimos com tanta frequência que ela se torna automática. Mas podemos ter uma ideia dessa complexidade ao tentarmos caminhar de um modo diferente, por exemplo: tente caminhar o mais devagar possível. Experimente!

Preste atenção na diferença da postura, como suas pernas se movem para frente, como o resto do corpo se desloca para evitar a aceleração (nesse caso indesejada). Observe como seus braços se movem buscando equilíbrio, como a perna de apoio abaixa o corpo e como é difícil trocar o peso de uma perna para outra de modo lento.

Um aspecto crucial no ensino de Dinâmica são as atividades experimentais e existe uma grande dificuldade no seu planejamento. Ao planejarmos uma atividade experimental para o ensino de Física, devemos ter em mente os objetivos esperados para o conteúdo com o qual esta atividade se relaciona e, conseqüentemente, os objetivos da atividade experimental em si.

Ao longo deste livro, as atividades experimentais foram normalmente pensadas com o objetivo de facilitar a compreensão e assimilação de conceitos físicos, além de desenvolver uma perspectiva investigativa nos alunos. No entanto, conforme descrito em Borges (2002), as atividades podem ainda ser utilizadas com o intuito de verificar leis e teorias científicas, ensinar uma metodologia para investigação ou ensinar habilidades práticas (como utilizar equipamentos de medida).

Uma vez definido o objetivo da atividade, devemos planejá-la proporcionando o máximo de liberdade possível ao estudante, para estimular seu envolvimento e conseqüentemente seu aprendizado. No entanto, devemos saber o nível de conhecimento anterior dos estudantes em relação ao tema.

Não adianta disponibilizar apenas os manuais técnicos para um grupo de alunos que nunca tiveram contato com o tema antes. Do mesmo modo que não seria adequado fazer explicações básicas sobre um tema que os estudantes já conhecem bem (talvez devido a aulas ou cursos anteriores). Nesse caso, podemos ver um bom exemplo da utilidade de avaliações diagnósticas, realizadas logo no início de um ciclo de aprendizado, para obter informações sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema.

Ainda em Borges (2002), é proposto um interessante método para o planejamento de atividades experimentais, baseado na crescente liberdade do estudante, de acordo com o nível de maturidade e conhecimento do tema apresentado pelos estudantes.

Em um nível inicial, talvez um primeiro contato com o tema ou com os equipamentos, todo o processo é exposto pelo professor. Ele deve estabelecer o problema a ser tratado, o procedimento a ser seguido e o que se espera observar. Neste caso, um roteiro

experimental contendo essas informações seria muito importante, pois poderia ser consultado pelos estudantes sempre que eles tivessem alguma dúvida.

Nos níveis seguintes, o professor transfere gradualmente para o estudante a responsabilidade pelo planejamento e execução de algumas fases. Primeiro, estabelecendo o problema e os procedimentos que devem ser seguidos, enquanto deixa as conclusões a cargo do aluno. Depois, estabelecendo apenas o problema a ser resolvido e deixando o planejamento e execução do procedimento, e a conclusão, a cargo dos estudantes. E, finalmente, no estágio mais avançado, deixando tudo a cargo dos estudantes, desde a identificação do problema e planejamento do procedimento até a apresentação de conclusões obtidas no experimento.



Pesquise mais

No artigo de Borges (2002), intitulado *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*, publicado pelo *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* e disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> (Acesso em: 1 mar. 2017), o autor traça várias críticas ao modo como o laboratório de ensino é utilizado no Brasil.

A leitura deste artigo tem uma boa capacidade de promover a reflexão sobre diversos aspectos do laboratório de ensino de ciências e o modo como ele é utilizado, além de apresentar algumas propostas.

Além disso, também é importante considerar a organização e os recursos disponíveis, sendo necessário refletir a respeito das diversas questões durante a etapa de planejamento: sobre o tamanho da turma, sobre a disponibilidade de recursos e mesmo sobre o interesse dos estudantes. Qual o tamanho adequado para formação de grupos? Caso se decida tornar a atividade individual, o espaço e recursos disponíveis são suficientes para todos os estudantes? Será pedido algum relatório ou atividade escrita sobre o experimento? A quantidade de relatórios que deverão ser corrigidos é razoável ou tomará muito tempo de outras atividades? Os alunos são capazes de se ajudar ou ainda precisam mais da orientação do professor? Os alunos podem trazer o material que será utilizado ou a escola deve fornecer?

Como podemos ver, existem muitas questões que o professor deve responder na fase de planejamento da atividade. Não há respostas únicas para elas, é necessário considerar a realidade da

escola, dos estudantes e suas características.

Por exemplo, atividades individuais fazem com que todos os alunos tenham que participar, evitando que componentes do grupo realizem todo o trabalho enquanto outros nada fazem. Ao mesmo tempo, isso pode desestimular a colaboração entre os alunos, que é muito proveitosa. Outro exemplo é relacionado aos materiais que podem ser trazidos pelos alunos, se por um lado é interessante que o aluno dê o seu toque pessoal ao experimento (mesmo que seja a simples escolha da cor) ou leve o experimento para casa e apresente para a família, nós sabemos que a desigualdade social no Brasil é um problema complicado e que mesmo que o material possa parecer barato e de fácil aquisição para alguns, para outros pode não ser.

Uma ferramenta muito útil, principalmente nas atividades experimentais iniciais, onde os alunos precisam ser guiados por todo o experimento, são os roteiros experimentais. Estes roteiros experimentais devem trazer as informações necessárias para que os alunos compreendam os objetivos e procedimentos necessários para realizar as atividades experimentais.

A estrutura de um roteiro experimental é variável, mas alguns aspectos devem estar presentes. Os objetivos do experimento devem ser descritos claramente no início do roteiro, deste modo os alunos já os conhecerão durante a leitura do resto do roteiro, o que pode facilitar muito a compreensão dos motivos dos procedimentos adotados. Uma breve introdução, falando dos aspectos teóricos e da importância do experimento em questão, também pode auxiliar sua realização pelos estudantes.

A lista contendo os materiais utilizados no experimento deve ser incluída em uma seção à parte, antes da descrição do procedimento a ser seguido, para ganhar destaque e facilitar a preparação do experimento. A seção descrevendo os procedimentos deve ser clara e concisa, descrevendo os passos na ordem em que devem ser executados e incluir diagramas ilustrativos, se necessários. Caso os procedimentos exijam alguma medida de proteção por parte dos alunos, isso deve receber destaque para que tenha a atenção devida, talvez sendo incluída em um box destacado ou mesmo identificada por um símbolo de atenção.

O roteiro experimental também deve conter sugestões de como apresentar os resultados do experimento, destacando as medidas mais importantes, etapas do tratamento dos dados e as principais conclusões que são esperadas.

Devemos lembrar que é importante que o professor observe a realização dos experimentos, transitando pela sala para observar os diversos grupos, ajudando os alunos quando necessário e fazendo algumas perguntas sobre o experimento ou o tópico abordado por ele. Durante essa interação com os alunos, é necessário lembrar que eles cometerão erros e que parte do papel do professor é ajudá-los. Para isso, o professor não deve agir de modo constrangedor, podendo lembrar que todo o desenvolvimento científico é permeado por erros, que, por sua vez, trouxeram valioso aprendizado e abriram caminho para os novos desenvolvimentos.



Assimile

É importante planejar as atividades experimentais, uma vez que atingir os objetivos didáticos desejados requer a resposta de diversas questões referentes à organização e execução da atividade, além da preparação do material que será utilizado e talvez a redação de um roteiro experimental.

O planejamento de uma atividade experimental deve levar em consideração a experiência prévia dos estudantes com o assunto e com os instrumentos utilizados, o que torna as avaliações diagnósticas uma boa ferramenta para auxiliar essa preparação.

Também estudamos uma proposta de que as atividades que compõem os primeiros contatos dos alunos com experimentos ou com os instrumentos sejam totalmente planejadas pelo professor, desde o problema proposto até as medidas e discussões esperadas. Conforme os alunos adquirem experiência, o professor transfere para eles a responsabilidade pelo planejamento das etapas, como o procedimento de medida e quais medidas são necessárias para responder o problema proposto.

Sem medo de errar

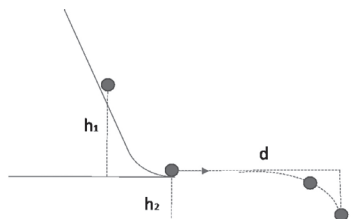
Você já iniciou as aulas após apresentar os primeiros planos de aula para o ensino de Cinemática, que foi o primeiro tópico abordado. Neles, você descreveu claramente as atividades que pretendia realizar para cada conteúdo e entregou para a diretora, que ficou bastante satisfeita.

Agora, chegou o momento de modificar um pouco sua abordagem para incluir mais atividades experimentais, dado que era visível a maneira positiva com que seus alunos respondiam ao estímulo dessas atividades.

Pesquisando artigos que tratassem o tema, descobrimos o trabalho de Borges (2002) e a possibilidade de buscar o aumento gradual da independência dos estudantes para realização das atividades experimentais, transferindo para eles a responsabilidade pelo planejamento das etapas do experimento.

No laboratório da escola, você encontrou algumas rampas para lançamento horizontal de esferas metálicas. Com elas, os alunos deveriam então abandonar as esferas em diferentes pontos da rampa, com diferentes alturas em relação ao plano horizontal e medir a distância percorrida desde o fim da rampa até a esfera tocar a bancada na qual a rampa estava. O equipamento é ilustrado na Figura 4.5.

Figura 4.5 | Diagrama da rampa de lançamento horizontal



Fonte: elaborada pelo autor (2017).

Para iniciar a aula, é uma boa ideia discutir o conceito de inércia (“por que a esfera continua seu movimento horizontal ao sair da rampa?”) e debater conceitos de conservação de energia, ao comparar as velocidades horizontais com a altura que a esfera era abandonada.

Nesse caso, como você poderia preparar um bom **roteiro de aula prática**? Lembre-se sempre de que é necessário indicar com clareza os **objetivos** (por exemplo, verificar a transformação da energia potencial gravitacional em cinética); indicar quais **conhecimentos prévios** são requeridos para um bom aproveitamento (conceito básico de deslocamento e de velocidade, decomposição de velocidades no lançamento horizontal); descrever detalhadamente os **procedimentos** necessários (posicionamento da cartolina e

papel-carbono, como demarcar o fim da rampa e os cuidados para deixar a saída da rampa bem alinhada com a horizontal); descrever as **medidas a serem tomadas** (marcação feita com papel-carbono em uma cartolina) e os **cálculos a serem realizados** pelos alunos.

Em quantos grupos você dividiria os alunos nessa atividade? Certamente, a resposta dependerá principalmente do número de rampas disponíveis, mas lembre-se também de que você deve conseguir acompanhar as atividades de todos os grupos, que trabalharão agilmente e ao mesmo tempo.

Nos moldes indicados acima, a atividade certamente estará bem planejada e será enriquecedora para os alunos. Mas não há muita liberdade para que eles possam construir seu próprio conhecimento. Então, vale a pena pensar em atividades complementares, mais livres, para que os alunos explorem a Física a seu próprio modo.

Por exemplo, deixar que os estudantes investiguem o conceito de força e massa, tentando compreender o funcionamento de uma balança. Imagine um estudante sobre duas balanças, com um pé sobre cada uma. Ele poderia deslocar o tronco para transferir gradualmente o apoio de um pé para o outro. O objetivo dessa atividade seria explorar a diferença das medidas observadas nas balanças, conforme o apoio era deslocado de um pé para o outro. Os alunos então deveriam descrever o comportamento das medidas de cada balança e explicar a razão da mudança dos números. Antes do início da atividade, você pode propor um debate com os alunos, perguntando: “o que é medido por uma balança? Força ou massa?” e “como uma balança funciona?”

Agora, você deve colocar no papel o seu roteiro de aula prática, com a atividade principal e as atividades complementares cuidadosamente descritas. Além do que discutimos anteriormente, o que você acrescentaria, para tornar a atividade ainda mais interessante?

Avançando na prática

Física nos esportes

Descrição da situação-problema

Uma determinada escola estava sediando um torneio esportivo

envolvendo estudantes de diversas escolas da região. A diretora propôs aos professores a realização de uma série de palestras interdisciplinares para o público presente, relacionando as diversas disciplinas com esportes.

Dentre os professores convidados, estava o professor de Física que, durante a juventude, praticava diversos esportes e sempre estudou a relação entre a Física, o corpo humano e os esportes.

Mas como planejar uma apresentação estimulante para um público tão diverso? Como escolher um tema para focar a apresentação de modo que a transmissão de conhecimento não seja tão dispersa?

Resolução da situação-problema

Para escolher o tema de sua apresentação, o professor verificou qual seria o esporte jogado logo em seguida a sua apresentação, que seria vôlei. Então, o professor decidiu focar principalmente seus exemplos em situações relacionadas a este esporte, uma vez que o público deveria se interessar por ele, tornando a apresentação mais estimulante.

O professor focou a parte Física da apresentação em questões relacionadas à Dinâmica e à Cinemática. Logo, seus exemplos foram relacionados aos diversos modos de aplicar forças de modo a melhorar o desempenho no jogo.

Discutir o saque da bola permitiu tratar diversos assuntos importantes da Dinâmica, relacionando que a força aplicada pelo atleta, por um determinado tempo onde suas mãos tocam a bola, resulta em uma velocidade que pode ser bem alta.

Outras discussões interessantes poderiam ser realizadas, por exemplo: mostrar o vídeo de um bloqueio, onde o par de ação e reação fica bem evidenciado pelo movimento da bola e dos braços do bloqueador, além de falar sobre técnicas de redução de impacto com o solo, seja para uma recepção mais difícil onde o jogador precisa se jogar no chão ou mesmo a aterrissagem depois dos saltos, que são tão comuns em partidas de vôlei.

A técnica consiste de dobrar levemente os joelhos ou evitar cair com o calcanhar no chão. Isso faz com que a velocidade de queda seja desacelerada mais lentamente, exigindo uma aceleração com módulo menor e conseqüentemente uma força menor.

Faça valer a pena

1. Ao falarmos sobre a Terceira Lei de Newton e as forças de ação e reação, podemos direcionar a atenção dos alunos para diversas características dessas forças, como:

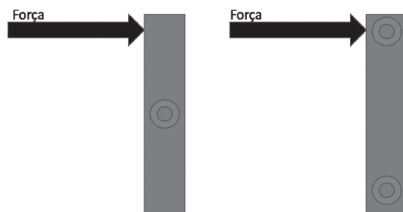
1. O fato de as forças de ação e reação possuírem mesmo sentido e direção.
2. O fato destes pares de forças não precisarem ser originados por corpos em contato direto.
3. O fato de existir um número ímpar de forças em qualquer sistema.
4. O fato de não se anularem por serem aplicadas em corpos distintos.

Dentre as características dos pares de ação e reação enumerados acima, quais são verdadeiras? Marque a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

- a) 1 e 2. d) 2 e 3.
b) 1 e 3. e) 2 e 4.
c) 3 e 4.

2. Pontos de uma determinada haste podem ser fixados com pregos que permitem sua rotação ao redor do prego. Abaixo, temos uma determinada força sendo aplicada em uma extremidade desta haste em dois casos distintos. No primeiro caso, a haste está pregada próximo ao seu centro, enquanto no segundo caso a haste está fixa pelo mesmo tipo de prego nas suas duas extremidades, conforme podemos ver na Figura 4.6.

Figura 4.6 | Casos de fixação da haste



Fonte: elaborada pelo autor.

Sobre o movimento provocado pela força aplicada nos dois casos, podemos afirmar que:

- a) No primeiro caso, a haste deve girar no sentido anti-horário, enquanto no segundo caso a haste não apresentará rotação.

- b) No primeiro caso, a haste não apresentará rotação, enquanto no segundo caso ela irá girar no sentido anti-horário.
- c) No primeiro caso, a haste não apresentará rotação, enquanto no segundo caso ela irá girar no sentido horário.
- d) No primeiro caso, a haste deve girar no sentido horário, enquanto no segundo caso a haste não apresentará rotação.
- e) Em nenhum dos casos a haste apresentará rotação.

3. É importante estimular o protagonismo do estudante no processo de aprendizagem. Porém, isso não significa delegar toda a responsabilidade ao aluno ignorando sua experiência e contato anterior com o tema abordado pela atividade experimental.

De que forma podemos estimular o protagonismo do estudante ao planejar atividades experimentais e evitar que eles fracassem na execução da tarefa por falta de experiência prévia com o tema, simultaneamente?

- a) Disponibilizando manuais técnicos dos equipamentos utilizados para fazer as medidas.
- b) Descrevendo todos os passos a serem seguidos em um roteiro de experimento.
- c) Realizando uma avaliação diagnóstica para definir quais tópicos abordar.
- d) Definindo com antecedência as atividades para que os alunos possam pesquisar soluções na internet.
- e) Transferindo gradualmente a responsabilidade pelo planejamento e execução de fases ao estudante.

Seção 4.3

Física Moderna

Diálogo aberto

Estamos chegando ao fim de uma proveitosa jornada, com a última seção de nosso material didático, onde discutiremos o tema Física Moderna e as maneiras de estimular o interesse pela ciência, preparando aulas que envolvam recursos tecnológicos e experimentos didáticos.

Nesta unidade, você conseguiu seu primeiro emprego como professor em uma escola. A experiência é enriquecedora, pois você começou a aplicar na prática seus conhecimentos, assim como identificar as falhas na sua própria formação. Sua animação se deve às importantes informações que este emprego lhe proporciona para refletir e avaliar seu conhecimento teórico.

Ao longo das primeiras semanas de aula, você aprendeu a elaborar planos de aula e a planejar atividades experimentais de modo a estimular o protagonismo dos estudantes sem deixá-los desamparados. Até o momento, você está bastante satisfeito com o progresso dos estudantes e também com seu próprio progresso.

Chegou o momento de discutir Física Moderna. Para abordar esse tópico, não é possível utilizar as atividades experimentais tão simples quanto as discutidas nas últimas seções. Também, não é possível contar com a facilidade de contextualização dos efeitos deste tópico, que, apesar de estar presente no nosso cotidiano (principalmente nos equipamentos tecnológicos, como celulares e computadores), seus efeitos não são tão visíveis quanto a frenagem de uma bicicleta ou um automóvel.

Talvez esta seja uma boa oportunidade para aumentar o uso de recursos tecnológicos nas suas aulas, mas como fazê-lo? Esta também é uma boa oportunidade para debater a evolução do universo e da alta tecnologia, mas onde encontrar material confiável para utilizar nas aulas?

Usando simuladores? Exibindo documentários? Talvez, até

mesmo se valendo de atividades experimentais que envolvam analogias entre fenômenos do dia a dia e os fenômenos descritos pela Física Moderna.

Que atividades você utilizará em seus planos de aula, que ainda precisa entregar para a diretora da Escola? Para responder a essas e outras perguntas, continue acompanhando esta unidade.

Não pode faltar

Uma das grandes dificuldades de se abordar Física Moderna no ensino médio é a de que, muitas vezes, seus efeitos não são intuitivos e são estranhos ao nosso cotidiano, apesar de seus efeitos estarem em quase todos os equipamentos que utilizamos hoje em dia.

Apesar de usarmos dispositivos de armazenamento de informação digital que utilizam os efeitos da **magnetorresistência gigante** (e desta descoberta ter recebido um Prêmio Nobel, devido à sua importância), poucas pessoas sabem o que ela significa.

Este último é um efeito de **Mecânica Quântica**, observado quando temos finas camadas de materiais ferromagnéticos (capazes de formar ímãs permanentes) e não ferromagnéticos alternados. Quando a magnetização das camadas ferromagnéticas próximas são paralelas, é observada uma resistência baixa, e quando são antiparalelas, a resistência observada é alta. Como é relativamente fácil alterar a magnetização de um material com um campo magnético externo, esse efeito encontrou ampla aplicação em discos rígidos e sensores.

Essa falta de intuição sobre os efeitos esperados tende a nos deixar muito dependentes de um grande número de definições, conceitos e do formalismo matemático para abordar temas de Física Moderna. Muitas vezes, para abordarmos estes temas com nossos estudantes, devemos prestar muita atenção na nossa comunicação, para adequar o nosso vocabulário e evitar o uso demorado de conceitos de difícil compreensão ou que ainda não foram discutidos com os estudantes.

Ao abordar esse tema, é necessário tomar muito cuidado na formulação de analogias e com a escolha dos termos utilizados, para focar a compreensão do fenômeno como um todo, com o mínimo de perdas em termos de rigor.



Um bom exemplo de referência que aborda tópicos de Física Moderna, com um certo foco em astronomia e aspectos de cosmologia, pode ser encontrado no material disponibilizado pelo GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (GREF, 1998), disponível em: <<http://if.usp.br/gref/mec/mec4.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2017.

Neste material, os autores tratam tópicos como escalas no Universo, evolução estelar, dentre outros, como uma linguagem voltada para estudantes de ensino médio, sem recorrer demasiadamente a conceitos complexos ou a uma linguagem matemática de difícil compreensão.

Outro exemplo bem interessante, mas com um foco mais voltado para a física atômica e nuclear, é apresentado na Parte Cinco do livro *Fundamentos de física conceitual* (HEWITT, 2009).

Física Moderna é um tema onde é mais desafiador o planejamento de experimentos simples, cujos efeitos sejam facilmente observados e compreendidos pelos alunos. Como podemos ver no trabalho de Cavalcante, Tavolaro e Haag (2005), que apresenta uma série de experimentos relacionados aos espectros atômicos, experimentos de Física Moderna costumam ser mais complexos e exigir materiais mais específicos para serem realizados, mesmo quando planejados para ser simples, e isso também impacta os custos.

Existem muitas demonstrações que fazem analogias com os fenômenos de Física Moderna, mas que não são geradas por estes fenômenos, como o uso de tecidos ou elásticos esticados com massas distribuídas na sua superfície, para ilustrar a atração gravitacional de massas menores em movimento através da deformação do espaço, que é explicada pela **Relatividade Geral**. Este exemplo pode ser visto no vídeo do YouTube, disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=l-BVkJHRLPfo>> (Acesso em: 7 mar. 2017).

Devido a essa maior dificuldade de obter experimentos simples e de baixo custo é importante recorrer a recursos tecnológicos e com grande potencial didático, como simuladores, jogos e documentários. Devemos lembrar que os jogos possuem capacidade de estimular a curiosidade, enquanto simuladores são muito úteis em atividades exploratórias e contribuem para uma

memória visual dos fenômenos; já os documentários se utilizam de uma linguagem com ênfase na comunicação e transmissão de conhecimento. Todos esses recursos podem beneficiar o processo de aprendizagem dos estudantes, cada qual com suas características e uso apropriado.

Como exemplo de fonte para simuladores podemos citar o PhET Interactive Simulations, disponibilizado on-line e gratuitamente pela Universidade de Colorado Boulder. A abordagem de fenômenos quânticos do PhET é muito interessante e diversa, possuindo simuladores sobre diversos assuntos.

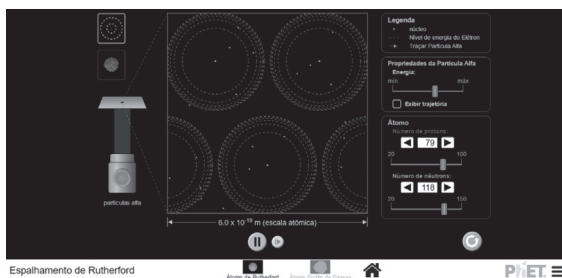


Exemplificando

Uma atividade que pode ser desenvolvida com os estudantes, com o uso de recursos computacionais, como simuladores, é a ferramenta do PhET, que mostra o modelo atômico de Rutherford, disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering>. Acesso em: 29 mar. 2017.

O modelo atômico de Rutherford pela primeira vez descreveu um núcleo atômico concentrando a maior parte da massa do átomo em um volume muito reduzido. Nesta simulação, é possível ver a trajetória das partículas alfa incidentes interagindo com núcleos atômicos no modelo de Rutherford, conforme pode ser visto na Figura 4.7, também sendo possível comparar estas trajetórias com as previstas pelo modelo do Pudim de Passas (que previa um átomo com a carga positiva uniformemente distribuída contendo cargas negativas localizadas). Este simulador permite ainda alterar a energia das partículas incidentes e a composição do núcleo atômico que é bombardeado, evidenciando como isso afeta as trajetórias das partículas alfa.

Figura 4.7 | Tela da ferramenta disponibilizada pelo PhET para atividades exploratórias envolvendo o espalhamento de Rutherford



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering>. Acesso em: 3 maio 2017

Outro bom exemplo de simulador disponibilizado pela Universidade de Colorado Boulder para o ensino de Física Moderna é aquele referente ao Efeito Fotoelétrico, disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric> (Acesso em: 31 mar. 2017), que é a emissão de elétrons por materiais expostos à radiação eletromagnética, como a luz visível.

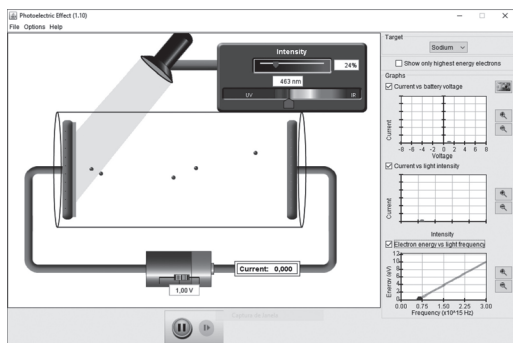
O modelo clássico previa que todo material poderia emitir elétrons quando exposto a qualquer radiação, desde que esta exposição durasse o suficiente para que a energia necessária para emissão de elétrons fosse atingida. Esse comportamento não foi verificado experimentalmente.

Não ocorre emissão de elétrons quando o material é exposto à radiação com energia abaixo de um valor mínimo dependente do material, independentemente do tempo de exposição e da intensidade da radiação eletromagnética.

Albert Einstein aproveitou um resultado publicado por Max Planck de que a radiação eletromagnética transportava valores específicos de energia, para explicar que era necessário que a radiação possuísse uma energia no mínimo igual à energia necessária para remover elétrons da matéria, para que a emissão de elétrons fosse observada.

Utilizando o simulador em questão, ilustrado na Figura 4.8, é possível alterar características como o material exposto à radiação eletromagnética, a intensidade e o comprimento de onda (inversamente proporcional à energia) da radiação e, até mesmo, o campo elétrico ao qual os elétrons emitidos são submetidos. Deste modo, é possível não apenas observar a existência de uma energia mínima para emissão de elétrons, como também explorar a relação desta emissão com as variáveis que podem ser alteradas pelos alunos ou pelo professor.

Figura 4.8 | Tela da ferramenta disponibilizada pelo PhET para atividades exploratórias envolvendo o efeito fotoelétrico



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering>. Acesso em: 3 maio 2017.

Como exemplo de jogo, podemos citar o Sprace, disponível em: <<https://www.sprace.org.br/sprace-game/sprace-game-v2-pt>> (Acesso em: 7 mar. 2017). Este jogo foi totalmente desenvolvido no Brasil, como parte de uma iniciativa de atualizar o ensino de Física Moderna no ensino médio. Nesse jogo, o aluno conduz uma nave minúscula, capaz de interagir e explorar o universo das partículas subatômicas, que poderia ser jogado no início da aula, permitindo que o professor utilize referências do jogo durante a aula.

Em relação a um documentário, podemos citar a série televisiva *Cosmos: Uma odisseia no espaço-tempo* (2014). Apresentada pelo físico Neil deGrasse Tyson, esta série, com 13 episódios, aborda diversos temas científicos de um modo brilhante, contextualizando a história dos cientistas e suas descobertas, além de apresentar ótimos esquemas e representações visuais para conceitos físicos complexos. Seria possível, por exemplo, iniciar a aula assistindo uma parte de um episódio, selecionado previamente, de acordo com o tema da aula e então discutir com os estudantes os efeitos, o contexto histórico, uma maior humanização dos cientistas, que normalmente são tratados como gênios distantes. Durante a discussão e a explicação teórica, é possível utilizar referências gráficas e conceitos abordados no episódio assistido.



Refleta

Na dissertação de mestrado de Mônica Bordim Sanches, apresentada em 2006, na Universidade Estadual de Maringá (SANCHES, 2006), a autora levanta diversos tópicos relacionados ao ensino de Física Moderna no ensino médio. Em seu estudo, utiliza diversos formulários para obter informações sobre professores e alunos.

Um fato interessante ocorre quando se pergunta aos alunos do terceiro ano do ensino médio se eles gostariam de temas como Teoria da Relatividade, origem do universo e Astrofísica fossem ensinados na escola. A grande maioria dos alunos respondem que sim pelos mais diversos motivos, desde interesse nos temas até para fugir dos cálculos. Apesar da pequena amostragem, esse resultado ilustra o interesse que alunos têm por estes temas.

Esses mesmos alunos dizem não conhecer os principais tópicos de Física Moderna, inclusive eles apresentam dificuldades no entendimento do que é Física Moderna e de conceitos bastante confusos sobre tópicos estudados pela Física Moderna.

Por que você acha que, apesar do declarado interesse, os alunos apresentam dificuldades nestes temas? Você se sentiria preparado para lecionar sobre estes temas?

Provavelmente, uma das maiores vantagens de se abordar conteúdos de Física Moderna é sua capacidade de atrair a curiosidade dos estudantes (e de todos nós). Seus efeitos estranhos ao nosso cotidiano, mas muitas vezes presentes em filmes e na imaginação humana, tornam quase irresistível uma conversa científica falando sobre a possibilidade de viagens no tempo ou de se construir sabres de luz, ou ainda a possibilidade de viajarmos longa distância no universo e encontrarmos vida alienígena e talvez inteligente, e mesmo temas sobre a formação e evolução do universo.

Abordar esses temas em sala de aula é muito gratificante, por estimular a curiosidade e o gosto pela ciência nos estudantes. Além disso, a abordagem adequada a temas como esses é uma boa forma de desenvolver o hábito de avaliar fenômenos estranhos e desconhecidos sob a luz do conhecimento científico, ao invés de simplesmente acreditar ou negar sem nenhum embasamento. Desenvolver este hábito deve ser uma das prioridades do Ensino de Ciências.

Apesar disso, é preciso muito cuidado e planejamento para abordar esses temas, pois eles apresentam seus próprios riscos, como a facilidade de serem mal interpretados na discussão de um conceito ou ainda o uso de fontes com uma escrita convincente, mas com conteúdo incorreto. Ambos os casos podem levar os alunos a equívocos conceituais que podem nunca ser revistos adequadamente.

Para evitar estes problemas, é recomendada uma revisão atenta do material que será utilizado por parte do professor, além de uma boa revisão do conteúdo, que pode ter sutilezas capazes de confundir até mesmo pessoas experientes. Além disso, cabe ao professor reconhecer os limites do seu próprio conhecimento e, caso esteja inseguro para responder algo, dizer que não tem certeza e que irá pesquisar para responder: não há mal algum nisso. Além disso, é melhor pesquisar, aprender e ensinar corretamente, pois, assim, crescemos muito profissionalmente.



Como acabamos de ver, os temas de Física Moderna são interessantes e possuem grande potencial para estimular a curiosidade do estudante, a tal ponto de poder atrair seu interesse pela ciência. Este interesse, muitas vezes, se deve aos efeitos observados estranhos, ao cotidiano, sua presença em diversas obras de ficção e também pela importância deste tema na nossa tecnologia atual.

Porém, muitas vezes é difícil abordar estes temas, seja pela linguagem inadequada, para o ensino médio, da fonte na qual o professor estudou os temas, seja pelas sutilezas capazes de confundir até mesmo pessoas experientes com o tema, ou pela relativa dificuldade de desenvolver atividades experimentais com a mesma simplicidade que nos tópicos da física clássica (tanto no procedimento quanto na obtenção dos materiais).

Para contornar essas dificuldades, o melhor a ser feito é dedicar mais atenção ao planejamento das atividades e à revisão do tópico que será abordado. Com o devido planejamento é possível encontrar textos interessantes para debater com os estudantes, simuladores, jogos gratuitos e, até mesmo, vídeos e documentários de grande qualidade, que podem ser de grande auxílio ao professor.

Sem medo de errar

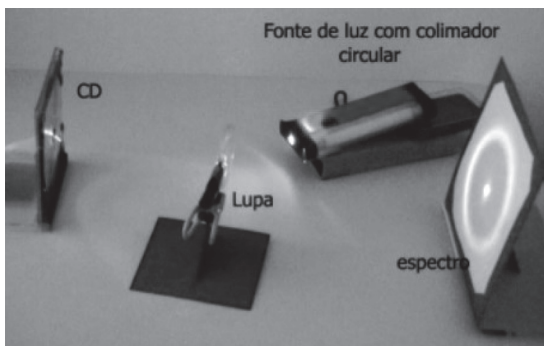
Você, no papel de um jovem professor, começa a aplicar, na prática, seus conhecimentos. Ao longo das primeiras semanas, você aprendeu a elaborar planos de aula e a planejar atividades experimentais, de modo a estimular o protagonismo dos estudantes e uma perspectiva investigativa, transferindo gradualmente a responsabilidade pelas etapas do planejamento. A diretora da Escola está gostando muito dos planos de aula apresentados e dando dicas valiosas para contribuir com sua melhoria.

Para finalizar sua tarefa, você deverá abordar tópicos de Física Moderna. Como ficará seu plano de aula?

Inicialmente, a primeira dificuldade para abordar esse tópico é a dificuldade de obter experimentos de baixo custo com materiais simples de serem obtidos. Mesmo quando a atividade possui um baixo custo, parte do material necessário só é encontrado em lojas especializadas. Você então decidiu mobilizar os alunos à construção de um espectroscópio manual, como descrito em Cavalcante e Tavolaro (2002), conforme pode ser visto na Figura

4.9. O experimento é interessante, pois permitiu medir diversos espectros, inclusive as luzes produzidas pelas telas dos celulares dos estudantes, e também dos leds (muitas vezes utilizados como lanternas).

Figura 4.9 | Montagem utilizada para observação de espectro após reflexão em um CD



Fonte: imagem reproduzida do artigo de Cavalcante e Tavoraro (2005, p. 76)

Outra ideia interessante é sugerir aos alunos que eles pesquisem textos sobre um tema de Física Moderna, após uma votação na sala. Você definiu alguns temas que participarão da votação e já buscou referências onde poderia estudá-las e aprofundar-se até o dia da aula.

Além disso, pareceu ser uma boa ideia apresentar um episódio da série *Cosmos: Uma odisseia no espaço tempo* (COSMOS, 2014).

Que outras atividades você realizaria, e quais temas abordaria? Escreva detalhadamente seu plano de aula!

No dia da votação, o tema escolhido foi Teoria da Relatividade. Na aula seguinte, os alunos trouxeram diversos textos, que iam desde o Paradoxo dos Gêmeos até viagens no tempo. Com o objetivo de estimular o pensamento crítico e a capacidade de avaliar a qualidade das informações obtidas na internet, todos discutiram sobre a possibilidade e a veracidade dos textos encontrados, pois alguns textos trazidos pelos alunos possuíam conceitos equivocados.

Durante essas discussões, os alunos aprenderam que o Paradoxo

dos Gêmeos é um aparente paradoxo, onde um dos gêmeos realiza uma viagem a velocidades próximas a da luz e, quando ele retorna, está mais jovem que seu irmão, que permaneceu em repouso na Terra, algo então muito estranho. Todos se esforçaram para entender o que o texto dizia, mas logo o tema mudou, com um debate animado sobre a possibilidade de se viajar no tempo.

Os alunos ficaram muito satisfeitos com as atividades: tanto o espectroscópio manual quanto com a discussão dos textos. Alguns chegaram a comentar que antes haviam pensado que a matemática, para um tema como Relatividade, seria muito complicada e se surpreenderam, pois eles ficaram discutindo os textos sem recorrer a fórmulas, algo que você pode considerar durante a preparação de algumas das suas aulas.

O episódio da série *Cosmos: Uma odisseia no espaço tempo* (COSMOS, 2014), escolhido para apresentação em aula, se chamava “Um céu cheio de fantasmas” e falava sobre relatividade, buracos negros e viagens interestelares. A linguagem utilizada na série e o interessante conteúdo poderiam cativar os estudantes e, quem sabe, despertar um interesse na ciência, que os levaria a se tornarem cientistas.

Chegamos ao fim de nosso desafio, e você venceu as dificuldades iniciais e aprendeu a preparar planos de aula, conforme pedido pela diretora. Eles foram realmente importantes para o sucesso das aulas. Realizando atividades experimentais com os alunos, nós aprendemos várias lições, erros que ninguém poderia prever e também sobre o comportamento dos alunos perante estes erros.

Lembre-se de anotar todas as dificuldades e novas ideias, para que estas aulas e o planejamento de atividades sejam corrigidos e aperfeiçoados para a próxima vez que você der aulas destes temas, crescendo assim continuamente como profissional.

Avançando na prática

Competição de Física Moderna

Descrição da situação-problema

Um importante acelerador de partículas está promovendo um

concurso voltado para alunos de ensino médio de todo o mundo, onde os estudantes devem apresentar um projeto que envolva conceitos de Física de Partículas Elementares. Os vencedores do concurso ganham uma viagem e acomodação no laboratório onde o acelerador se encontra, além de poder utilizar o acelerador para executar o projeto submetido.

Um grupo de alunos viu este anúncio e se animou a ponto de levá-lo ao professor de física de sua escola. O professor inicialmente se sentiu um pouco desconfortável, pois ele não era especialista em Física de Partículas e não tinha certeza sobre como poderia ajudar em um projeto envolvendo aceleradores de partículas, mas julgou que esta oportunidade de aproveitar o interesse dos estudantes para ajudá-los a aprender Física Moderna não poderia ser desperdiçada, decidindo apoiar os alunos.

Resolução da situação-problema

Para começar, o professor pesquisou os materiais disponibilizados pelos organizadores do concurso. O material disponibilizado era de ótima qualidade e o professor aprendeu, neste material, muitas coisas sobre aceleradores e Física de Partículas. No material, era possível ver simulações que mostravam como os aceleradores de partículas promoviam colisões tão fortes, que permitiam estudar os menores componentes da matéria, que são os objetos de estudo da Física de Partículas.

Ele julgou que a linguagem era bem acessível para seus alunos, dado que o material era voltado para possíveis competidores, que seriam alunos do ensino médio, e incentivou os próprios alunos a pesquisarem o material para que eles discutissem.

O professor também buscou informações na universidade local, onde encontrou alguns pesquisadores que se disponibilizaram a ajudar os estudantes com os conhecimentos mais específicos do projeto, sugerindo modificações para tornar o projeto mais viável e ajudando a descartar ideias sem potencial para vencer o concurso.

Ao poucos ele foi se surpreendendo com a quantidade e a qualidade da informação trazida pelos seus estudantes. No fim de

poucos meses, os alunos foram capazes de escrever um projeto, que previa usar o acelerador para comparar a viabilidade de utilizar partículas elementares para analisar materiais, por exemplo, identificando impurezas em amostras através do padrão de como as partículas interagem com a amostra antes de serem detectadas por detectores, e submeter ao concurso.

O professor então ficou orgulhoso e muito satisfeito com o resultado obtido, que era realmente muito bom. Alguns destes alunos poderiam se tornar verdadeiros e importantes cientistas e ele ficou feliz de ter ajudado.

Faça valer a pena

1. Quando utilizamos um simulador que permite ao aluno variar parâmetros e condições iniciais de um problema de física quântica e observar seus resultados, estamos realizando uma atividade exploratória utilizando o simulador, ao invés de um experimento.

Sobre o uso de simuladores para conduzir atividades exploratórias no contexto da Física Moderna, podemos dizer que:

- Simuladores são melhores que experimentos reais, pois é mais fácil controlar suas condições.
- Apesar da importância dos experimentos, ao estudar Física Moderna, muitas vezes precisamos recorrer ao uso de simuladores para atividades exploratórias.
- O uso de simuladores não é recomendado por não exigir a prática dos exercícios de matemática, tão importantes na Física Moderna.
- Apesar da importância dos experimentos, os custos de qualquer experimento de Física Moderna são proibitivos.
- Simuladores são melhores que experimentos reais, pois permitem o mesmo aprendizado que experimentos reais, mas com custos reduzidos.

2. “A pergunta que não quer calar: dá para viajar no tempo?”

Quem responde é Rodrigo Nemmen, astrofísico, professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP e pesquisador de buracos negros. “Certamente é possível viajar no tempo, mas somente para o futuro”.

Até hoje, estudos, teorias e cálculos comprovam que isso é factível de duas maneiras: embarcando em uma viagem próxima à velocidade da luz ou sobrevoando uma região onde a força da gravidade seja extrema, como uma estrela de nêutrons ou um buraco negro.

Para entender como tudo acontece, precisamos encarar de frente duas das teorias mais inovadoras da física: a Teoria da Relatividade Especial ou Restrita e a Teoria da Relatividade Geral, ambas de Albert Einstein – e, sim, mesmo sendo centenárias, elas continuam a nortear toda e qualquer experiência sobre esse assunto.”

PINELLI, Natasha. Já é possível viajar no tempo? **Revista Galileu**. 2016. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2016/05/e-possivel-viajar-no-tempo.html>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

Um dos temas que podem ser abordados durante o estudo de Física Moderna é a viagem no tempo. Sobre a abordagem deste tema no ensino médio, podemos dizer que:

- a) Este é um tema que requer que o professor seja especialista em relatividade geral.
- b) Este é um tema com grande potencial para atrair a curiosidade dos estudantes.
- c) Os alunos não se sentem atraídos por temas como este.
- d) A complexidade matemática do tema impede sua abordagem no ensino médio.
- e) Ao abordarmos este tema precisamos somente escolher um texto, que pode ser obtido em qualquer site na internet.

3. Avalie as duas afirmativas abaixo e a relação indicada entre elas:

I. Uma das dificuldades ao se abordar Física Moderna no ensino médio é a linguagem, muitas vezes demasiadamente matemática e conceitualmente difícil, utilizada pelos professores,

PORQUE,

II. muitas vezes, o próprio professor aprende de forma demasiadamente matemática e conceitualmente difícil.

Marque a alternativa que avalia corretamente as afirmativas e indica a relação causal correta.

- a) As duas afirmativas são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- b) As duas afirmativas são falsas.
- c) As duas afirmativas são verdadeiras e a afirmativa II explica a I.
- d) A afirmativa I é verdadeira e a II é falsa.
- e) A afirmativa I é falsa e a II é verdadeira.

Referências

- BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>>. Acesso em: 1 mar. 2017.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano. Uma caixinha para estudo de espectros. **Física na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 40-42, out. 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num2/a13.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2017.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; HAAG, Rafael. Experiências em Física Moderna. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 75-82, maio 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/exper-fis-mod.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2017.
- COSMOS: Uma odisséia no espaço-tempo. [s.l.]: Cosmos Studios, Fuzzy Doors Productions e Santa Fe Studios, 2014.
- EDITORA MELHORAMENTOS LTDA. **Michaelis Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa**. 2017. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=bVkw>>. Acesso em: 17 fev. 2017.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (São Paulo). **Leituras de Física - Eletromagnetismo**. 1998. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec4.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2017.
- HEWITT, Paul G. 3. Equilíbrio e Movimento Linear. In: HEWITT, Paul G. **Fundamentos de física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 52.
- _____. Parte Cinco – Física Atômica e Nuclear. In: HEWITT, Paul G. **Fundamentos de física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 336.
- PINELLI, Natasha. Já é possível viajar no tempo? **Revista Galileu**. 2016. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2016/05/e-possivel-viajar-no-tempo.html>>. Acesso em: 9 mar. 2017.
- PUCCL, Luis Fábio Simões. **Cinemática e Mecânica – movimentos relativos**. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-cinematica-e-mecanica---movimentos-relativos.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2017.
- ROCHA, Zenaide de Fátima Dante Correia. **Uma história de sucesso na educação científica: a duplicidade da prática docente**. 2011. 167 f. Tese (Doutorado) – Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000788052>>. Acesso em: 20 fev. 2017.
- SANCHES, Mônica Bordim. **A Física Moderna e contemporânea no ensino médio: Qual sua presença em sala de aula?**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006. Disponível em: <<http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000179627>>. Acesso em: 8 mar. 2017.

SCIRRA LTD. **Construct 2**. Criador de jogos interativos. Disponível em: <<https://www.scirra.com/construct2>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SPRACE.ORG.BR. **SPRACE Game** v2.0. Jogo interativo. 2013. Disponível em: <<https://www.sprace.org.br/sprace-game/sprace-game-v2-pt>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER. **PhET Interactive Simulations**: Fenômenos quânticos. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/quantum-phenomena>. Acesso em: 7 mar. 2017.

ISBN 978-85-8482-908-8



9 788584 829088 >