

Carta do Editor

Há 100 anos Santos Dumont alçou vôo naquele extravagante 14 Bis dando origem a uma das maiores revoluções tecnológicas do século passado. Este acontecimento precisa ser devidamente comemorado no Brasil. Afinal este genial mineiro que chamou atenção da sociedade parisiense e de todo o mundo para suas invenções e proezas aeronáuticas merece o reconhecimento do povo brasileiro, em particular, de nossos estudantes. Diversos eventos já foram realizados e outros estão sendo programados para reverenciar o “pai da aviação” neste ano especial. A Semana Nacional de Ciência e Tecnologia a ser realizada de 16 a 23 de outubro terá como tema *Criatividade e Inovação*. O livreto “Santos Dumont e a invenção do avião”, do físico e historiador Henrique Lins de Barros está sendo distribuído em todas as escolas do País (já existem versões disponíveis no sítio <http://semanact2006.mct.gov.br>). Centros de ciência e casas de cultura organizam concursos

de redação e de provas, oficinas e exposições sobre sua vida e obra.

Em artigo de 1916, Albert Einstein indagava: “O que explica a capacidade de sustentação das asas de nossas máquinas voadoras e dos pássaros que pairam nas alturas em seus vôos?” E apresentava a “sua” teoria elementar do vôo. E você, caro colega, já se perguntou sobre a física do vôo? Como explicar a sustentação das asas de um avião, um fenômeno tão complexo da dinâmica dos fluidos numa forma simples e acessível ao estudante do Ensino Médio? As explicações mais comuns empregam a equação de Bernoulli ou diretamente as leis de Newton. Mas, você sabia que se encontram facilmente equívocos em livros didáticos e sítios na Internet sobre este fenômeno? Tenha cuidado com o que lê neste assunto. Sugiro que aproveitemos este ano festivo para inserir este tópico na física do Ensino Médio ainda restrita neste domínio à estática dos fluidos. Proponho que os estudantes realizem projetos e trabalhos com “asas” em túneis de vento (que tal um secador de cabelos?) e com pequenos artefatos (aeromodelos) que ilustrem a física do vôo. A equipe da Física na Escola está organizando um número especial sobre Santos Dumont e o vôo. Se você tem uma boa idéia, nos envie.

Nesta edição, Alexandre Medeiros conseguiu uma entrevista exclusiva com o famoso e reservado per-

sonagem para tentar descobrir o seu conhecimento de Física, parte dele exposto na obra *Os meus balões*. Nada melhor que a palavra do nosso homenageado para iniciar nosso tributo.

Apresentamos dois artigos que descrevem *softwares* interativos disponíveis. Um deles versa sobre um tema difícil, mas imprescindível, para a inserção da física moderna e contemporânea no Ensino Médio: a dualidade onda-partícula, conceito fundamental da teoria quântica. O outro, a Cidade do Átomo, é uma bela incursão nos meandros da tecnologia nuclear, das usinas nucleares e do exercício da cidadania em assunto tão polêmico como o uso da energia nuclear para geração de eletricidade.

Silvia Helena Carvalho discute os benefícios de misturar física e seus personagens com arte dramática através de uma peça de roteiro simples e direto, capaz de motivar os estudantes para a aprendizagem de Física. Uma interessante aplicação das frações contínuas, uma ferramenta matemática pouco conhecida, a um problema de cálculo da resistência equivalente de um circuito é divulgada neste número.

No mais, é festejar este ano com muita criatividade e inovação nas atividades escolares.

Nelson Student



Carta dos Leitores

Perguntas instigantes, respostas surpreendentes: Uma estratégia para o ensino de Física

A proposta assemelha-se ao estilo Física em perguntas. A particularidade está em usar as perguntas de revistas de divulgação científica - em especial, as questões (sobre Física) publicadas nas seções destinadas às perguntas dos leitores e/ou colaboradores - em conjunto com a resposta (explicação). O objetivo é "transformar" a pergunta e a respectiva resposta em um texto didático e dinâmico para as aulas de Física. Isso mesmo! O estudo de texto nas aulas de Física.

Das seções que podem ser utilizadas pelo professor de Física para "formar" textos que possibilitem a aproximação entre o conteúdo formal da disciplina e o cotidiano dos alunos, bem como ilustrem e atualizem esse conteúdo, estão: *Desvendando a Física* (Revista Física na Escola); *Já lhe Perguntaram...* (Caderno Brasileiro de Ensino de Física); *O Leitor Pergunta* (Revista Ciência Hoje); *Pense e Responda!* (Caderno Brasileiro de Ensino de Física); *Sem Dúvida* (Revista Galileu); *Superintrigante* (Revista Superinteressante).

Mas, como trabalhar com esses textos nas aulas de Física?

A sugestão é que antes de chegar ao texto propriamente dito, o professor prepare previamente o aluno, inicie a discussão com ilustrações, perguntas, "tirinhas"... Enfim, crie a predisposição para a leitura.

Em seguida, a partir da leitura do texto, o professor pode: propor a realização de experimentos e/ou ilustrações; incentivar o aluno a "exteriorizar", por produção própria, o que aprendeu com a discussão; apresentar exercícios e problemas, para verificar a compreensão dos conceitos e das leis ensinadas; pedir aos alunos que pesquisem questões de livros didáticos de Física (e depois tentem respondê-las) e/ou situações de sua vida cotidiana relativas ao tema em estudo; solicitar aos alunos que montem questões, que eles

mesmos vão responder; propor a realização de seminários; se o texto tiver distorções conceituais, solicitar aos alunos que encontrem e corrijam as distorções; promover uma discussão a partir dos conceitos selecionados pelos alunos, que dificultaram o entendimento do texto; etc.

De acordo com Kawamura e Housoume [FnE v. 4(2), p. 22 (2003)], fazer opções por determinadas formas ou encaminhamento das atividades não é tarefa simples, já que exige o reconhecimento do contexto escolar específico, suas características e prioridades, expressas nos projetos dos professores e alunos e nos projetos pedagógicos das escolas.

A discussão sobre competências e os conhecimentos a serem promovidos não podem ocorrer dissociadas da discussão sobre estratégias de ensino e aprendizagem a serem utilizadas em sala de aula, na medida em que são essas mesmas estratégias que expressam, de forma mais concreta, o que se deseja promover. As mudanças esperadas para o Ensino Médio se concretizam na medida que as aulas deixem de ser apenas de "quadro negro e giz".

Por tanto, cabe ao professor desenvolver atividades que apresentem e discutam situações concretas simples (tanto quanto possível próximas da prática cotidiana). Atividades que levantem o conhecimento prévio do aluno (para depois confrontá-lo com o conceito aceito cientificamente), que instiguem sua curiosidade para o conteúdo da disciplina e incentivem sua participação, de forma ativa, nas aulas (interações entre professor-aluno, aluno-professor e aluno-texto). Atividades que dêem ao aluno a oportunidade de leitura, tão importante para o processo de ensino e aprendizagem, e interpretação de um texto de Física e, sobretudo, levem o aluno a refletir sobre a Física no seu mundo vivencial.

Fábio L.A. Pena
Instituto de Física,
Universidade Federal da Bahia

Unicamp promove curso de física contemporânea para alunos de Ensino Médio

Com o objetivo primordial de discutir temas estimulantes da Física que não são abordados usualmente na escola, o Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), promoverá, no período de 17 a 21 de julho de 2006, a II Escola Avançada de Física (EAF). A iniciativa é endereçada a alunos do Ensino Médio, principalmente das duas últimas séries. Entre outros objetivos específicos estão a ligação entre a Física do Ensino Médio e a pesquisa na fronteira do conhecimento e a apresentação e discussão de conteúdos mais avançados em uma linguagem acessível aos alunos. Serão abordados diversos temas, dentre eles a relatividade, a mecânica quântica, o fenômeno do caos, a física de partículas e a supercondutividade. As atividades consistem de palestras, atividades em grupo visando a resolução de problemas desafiadores, apresentação de filmes sobre cientistas brasileiros e visitas ao Laboratório de Luz Síncrotron e ao Observatório de Campinas. As atividades serão permeadas por uma interação direta dos participantes com os pesquisadores do IFGW em uma atmosfera instigante e desafiadora. A I EAF, ocorrida ano passado, foi um evento de grande sucesso com muitos pedidos para que fosse repetido a cada ano. Cremos que os leitores dessa excelente revista poderão usar com grande proveito essa oportunidade para divulgar o evento, contribuindo para o aprimoramento da aprendizagem de seus alunos. Maiores informações podem ser obtidas no sítio <http://www.ifi.unicamp.br/eaf>. Bolsas de estudos para alunos carentes serão oferecidas através de análise de mérito.

Eduardo Miranda
Diretor Associado do IFGW e
Organizador da EAF

Conversando com Santos Dumont sobre a Física do Cotidiano

A coisa começou com uma conversa entre amigos lá em nosso sítio de Aldeia, junto ao Recife. O João, que é professor de Física na UFCG, falava sobre o seu projeto de extensão a respeito da obra de Santos Dumont, a ser realizado neste ano de 2006. Todos nós escutávamos atentamente as idéias do João, quando o Paulo, que ensina Física em um colégio da cidade, perguntou o que o Santos Dumont sabia de Física. A pergunta fazia bastante sentido, afinal estamos todos nós acostumados com o fato de que voar é um assunto atinente à Ciência. Entretanto, nenhum dos presentes ousou dar uma resposta imediata. A Cleide olhou para mim como que esperando uma resposta. Os outros também fizeram o mesmo e ali estavam vários colegas que ensinam Física em colégios e em universidades. Eu fiquei meio surpreso com aquela atitude e tentei me defender como pude.

Alexandre: Por que eu? Como é que eu vou saber?

João: Você não tem lido uma porção de coisas sobre o Santos Dumont?

Alexandre: Tenho, mas a maior parte dos livros diz as mesmas coisas e falam muito pouco, ou quase nada, sobre a formação científica de Santos Dumont. Eles se contentam mais com narrativas folclóricas, como a historinha de que ele brincava, quando criança, de responder que galinha voa e homem voa também. E esse tipo de história não esclarece nada sobre o que ele sabia de Física.

Paulo: Mas, ele estudou Física ou não? Como ele foi como aluno?

Cleide: Por que em lugar de ficarmos discutindo, não conversa-

mos com o próprio Santos Dumont? O nosso amigo Henrique, que ensina Física em Mossoró, está aqui conosco e da última vez que ele levou uma queda do skate, pensou que era o Einstein e contou uma série de coisas muito interessantes.

Henrique: Eu não! Eu ainda estou com a cabeça doendo daquela queda e não posso levar outra de modo nenhum. Além disso, acabei de fazer uma cirurgia no olho e não estou enxergando muito bem. Eu vou à cozinha, agora mesmo, tomar um comprimido para dor de cabeça.

Cleide: Tudo bem, Henrique, nós compreendemos. Mas, cuidado com a escada na cozinha.

Camello: E agora, o que nós vamos fazer?

- AAAAAAI!!!!

Camelo: Que grito foi esse?

Cleide: Veio da cozinha. Meu Deus! O Henrique deve ter caído na escada.

Todos nós corremos até a cozinha e encontramos o Henrique em sua posição habitual de skatista: estatelado no chão e com um tremendo galo na testa.

Cleide: Henrique, você está bem?

Henrique: Claro! Esse tombo não foi nada diante daqueles que eu levei em Paris nas minhas aeronaves.

João: E você foi a Paris quando? Você está confundindo Paris com Mossoró. Acorde, cara!

Henrique/Santos Dumont: Como não fui a Paris? Eu morei lá durante vários anos da minha vida. Lá fiz os meus famosos vôos. Vocês nunca leram sobre isso?

Camello: O Henrique está fingindo que é o Santos Dumont, mas ele

.....
Alexandre Medeiros

SCIENCO, PE
.....



Santos Dumont caminhando calmamente pelas ruas de Santiago, Chile.

Continuando a série de bem-humoradas e esclarecedoras entrevistas com personagens históricos, Alexandre Medeiros reúne seus assíduos companheiros para discutir com Santos Dumont seu conhecimento sobre Física.

não me engana. Eu estou interessado é na questão da Física que o Paulo levantou. Eu queria saber o que o Santos Dumont sabia de Física.

Santos Dumont: Eu estudei Física lá em Paris com o professor Garcia, de descendência espanhola. E quem é este tal de Henrique de quem vocês estão falando?

Alexandre: Tudo bem, você deve ter lido isso nos livros. Todos os livros sobre Santos Dumont falam desse tal professor Garcia, mas ninguém diz mais nada de novo sobre ele, nem sobre o que Santos Dumont estudou.

João: É, Henrique, você não nos engana. Você andou lendo algum desses livros e está repetindo para nos enganar. Só falta dizer também que estudou um tempo na Universidade de Bristol, na Inglaterra. Os livros também dizem isso.

Santos Dumont: Pois, agora, o senhor se engana. Eu não estudei na Universidade de Bristol, coisa nenhuma.

João: Então você é apenas um clone mal feito do Santos Dumont, pois o verdadeiro estudou lá em 1893. Isso está em quase todos os livros sobre ele.

Santos Dumont: Pois ouça, *mon ami*. Eu estudei, sim, em Bristol, mas não na Universidade, e por uma razão muito simples: a Universidade de Bristol ainda não existia! Eu assisti, como aluno ouvinte, algumas aulas de navegação, no Merchant Venturers' Technical College, uma instituição de ensino superior que havia sido fundada no ano anterior em lugar de outra muito mais antiga que datava de 1595, a Merchant Venturers' Navigation School. Apenas em 1909, já bem depois de minha estada naquela cidade, é que a Universidade de Bristol viria a ser fundada. E o velho College daria origem à Escola de Engenharia apenas em 1949.

João: Puxa! Como é que você sabe disso, Henrique? Isso não está nas biografias que eu li.

Santos Dumont: Eu estudei lá, eu já lhe disse. E, por favor, pare de me chamar de Henrique.

Camello: Você é o Santos Dumont, mesmo?

Santos Dumont: Claro! E quem

eu haveria de ser, *mon ami*?

Camello: O quê?

Paulo: Se você é mesmo o Santos Dumont, nós podemos testá-lo e saber o que é que você estudou de Física.

Santos Dumont: Claro! Fiquem à vontade! Podem perguntar o que quiserem.

Camello: Mas, se você for o Henrique, como você estudou Física, saberá responder as nossas perguntas e isso não provará nada.

Santos Dumont: Pois, vamos conversar, então, dentro do contexto daquilo que eu fiz, sobre o que eu presenciei em meus vôos, sobre os problemas que eu resolvi nas minhas aeronaves.

Camello: Assim está melhor. Posso começar?

Santos Dumont: Claro!

Paulo: Onde você nasceu, onde estudou, o que estudou de Física?

Camello: Isso tem nos livros.

Santos Dumont: Apenas indiretamente. Tem e não tem!

Camello: Como assim?

Santos Dumont: De modo direto, esses livros que você tem lido não dizem em detalhes onde eu estudei e muito menos o que eu estudei de Física, mas se você não se ativer apenas aos dados brutos das informações históricas, se não for um mero factuaalista, poderá descobrir muitas coisas novas a meu respeito.

Paulo: Não entendi direito essa coisa de factuaalista, Henrique.

Santos Dumont: Por favor, pare de me chamar de Henrique. Deixe-me explicar: um factuaalista é um tipo de historiador que mesmo tendo acesso a várias informações preciosas, não consegue dar um sentido interpretativo preciso às informações de que dispõe. Ele olha apenas a superfície das coisas e se prende apenas aos dados factuais, sem jamais ousar fazer certas ligações interpretativas. E, neste caso, a história que ele consegue produzir nem sempre é muito esclarecedora, para ser o mais delicado possível. Entendeu?

Paulo: Entendi, mas como podemos saber o que você estudou de Física? Será que tem alguma obra onde tenha escrito, claramente, os conteúdos que você estudou?



Santos Dumont na barquinha de um de seus dirigíveis.

Santos Dumont: Esta é exatamente a postura de um factuaalista. Ele quer apenas dados claros, já interpretados. Não arrisca nada de seu, nem ao menos a interpretar uma fotografia. Quer textos escritos. Quer a sua verdade apoiada sempre na verdade dos outros.

Camello: Mas assim só se pode repetir o que já foi dito.

Alexandre: Quando muito!

Paulo: Como, então, podemos saber o que você estudou?

Santos Dumont: Agindo como um detetive, juntando as peças de evidência, sendo um verdadeiro pesquisador e não apenas um colecionador de informações.

Camello: Como?

Santos Dumont: Veja, eu escrevi três livros, em um deles não coloquei o meu nome por uma questão de conveniência, mas não é isso que vem ao caso. Em *Os Meus Balões*, falo de uma porção de coisas de Física.

Stanley: Eu já li esse seu livro e não vi nada de Física nele. Você deve estar esquecido. Deve ser a idade...

Cleide: Stanley, por favor, seria bom tratar o nosso ilustre visitante com um pouco mais de respeito.

Santos Dumont: *Merci, madame. Enchanté!*

João: Esse cara deve ser mesmo o Santos Dumont. O Henrique não fala francês.

Santos Dumont: *Oui, Monsieur.*



Santos Dumont contornando a torre Eiffel em seu dirigível

Vous avez raison.

Camello: Henrique, por favor, quer parar de falar francês?

Santos Dumont: *Je m'appelle Santos Dumont, s'ill vous plaît.*

Paulo: Por favor, chega de brincadeira. Como é que a gente pode ver essa Física em seu livro, senhor Dumont?

Santos Dumont: Muito bem, meu jovem. Obrigado por me chamar pelo meu verdadeiro nome. Basta ler com muita atenção o livro que eu lhe falei. Nele, eu me refiro explícita ou implicitamente a uma série de fenômenos físicos interessantes do cotidiano. Muitos deles eu até explico de um modo simples e coerente.

Alexandre: É verdade, eu tenho percebido isso. Entretanto, o senhor também comete alguns equívocos, principalmente quando se refere ao uso das unidades. Mas, tenho que admitir, de um modo geral há muita coisa interessante de Física nesse seu livro. No entanto, há várias situações que estão apenas sugeridas, não exatamente explicadas, mas que podem servir de convites ao raciocínio. Eu

tenho tentado explicitar algumas delas e me parecem muito interessantes.

Paulo: Eu gostaria de ver alguns exemplos. Assim, podemos aprender mais sobre Santos Dumont e sobre a Física. Não é possível se contentar apenas em repetir que galinha voa e homem também voa.

Santos Dumont: Pois, vejamos alguns exemplos interpretativos que podem ser produzidos a partir de uma leitura atenta dos meus livros. Por exemplo, na descrição que eu dou do meu primeiro vôo de balão, eu digo, logo de início, que quando eu e o comandante Machuron subimos na pequena cesta do balão, nós tratamos de ocupar lugares opostos na mesma. Por quê?

João: Nós temos aqui uma questão simples e fundamental de equilíbrio. Um maior peso de um dos lados da cesta faz com que seja criado um torque, esticando mais as cordas de suspensão daquele lado e fazendo, deste modo, com que o balão tenda a inclinar-se no mesmo sentido. No caso ideal, a cesta deve estar bem equilibrada pelos pesos dentro da mesma para evitar tais oscilações do balão.

Santos Dumont: Seria o caso, então, de se perguntar: será, portanto, que as dimensões da própria cesta interferem no equilíbrio do balão?

Paulo: Certamente que sim! Quanto mais extensa for a cesta, maiores podem ser os deslocamentos efetuados dentro da mesma e, assim sendo, maiores os torques que podem ser produzidos. É por isso que as cestas são geralmente estreitas e fundas em relação ao tamanho do balão. Elas são estreitas para evitar torques exagerados e fundas por uma questão de segurança para que, em eventuais oscilações, os balonistas não sejam arremessados ao solo.

Santos Dumont: Estão vendo como com uma leitura atenta vocês

podem perceber a Física que está contida em minha obra?

João: Nós sabemos, além disso, que o senhor, com sua altura de apenas um metro e meio, era bem mais baixo e mais leve que o comandante Machuron.

Cleide (sussurrando): João, pelo amor de Deus, não fale sobre a altura dele. Você não sabe o tamanho do salto que ele usava?

João: Toss, toss! Desculpe, mas eu preciso tocar neste assunto. Embora o senhor não faça absolutamente qualquer referência direta a este fato em sua descrição, podemos perceber os seus efeitos físicos quando o senhor afirma que não apenas postou-se do lado oposto da cesta, como ainda levou um saco de areia como lastro.

Santos Dumont: Tudo bem! E qual a razão física desse lastro especial que eu carregava?

Paulo: A resposta é muito simples: a necessidade de igualar os pesos dos dois lados da cesta para que houvesse uma compensação dos torques produzidos pelos pesos dos dois aeronautas, afinal de contas o senhor tinha uma massa de apenas 50 kg. Sem um tal equilíbrio, o balão tenderia a inclinar-se lateralmente. De nada valeria que os passageiros estivessem em extremidades opostas se os seus pesos fossem consideravelmente diferentes.

Santos Dumont: Muito bem! Além disso, algo muito interessante, do ponto de vista físico, ocorreu logo na subida do balão. Estava ventando muito, mas eu digo no meu livro que tão logo os operários soltaram o balão, a minha primeira sensação no ar foi a de que o vento parara. Eu ainda completo dizendo que o vento deixara de soprar e era como se o ar em volta do balão estivesse agora completamente imobilizado. Interessante, não? Qual o motivo desta sensação física, de sentir o ar como estando parado?

Stanley: O senhor mesmo explica isso em seu livro, o que não apenas serve para esclarecer o fenômeno físico em causa, mas também para que possamos apreciar a sua compreensão física do mesmo. O senhor diz: *É que havíamos partido e a corrente de ar que atravessávamos nos comunicava a sua própria velocidade. Eis o primeiro grande*

fato que se observa quando se sobe num balão esférico. Em outras palavras, tratava-se de um belo exemplo do que se chama de movimento relativo e que nós, professores de Física, costumamos enfatizar nas primeiras aulas no Ensino Médio.

Santos Dumont: Pois é, e essa minha explicação é enriquecida ainda mais pela minha observação complementar de que esse movimento imperceptível de marcha possui um sabor infinitamente agradável. A ilusão é absoluta. Acreditar-se-ia não que é o balão que se move, mas que é a Terra que dele e que se abaixa.

Camello: Isso! Uma tal afirmativa é, sem sombra de dúvidas, uma belíssima descrição da relatividade galileiana dos movimentos. A forma segura assumida pelo senhor em sua explicação do fenômeno, e até mesmo dotada de um certo estilo, denota, ao meu ver, que o senhor estava bastante familiarizado com essa questão do ponto de vista teórico e que claramente se regozijava em contemplá-la na prática.

Santos Dumont: Olhe aí! Estão vendo como vocês mesmos podem descobrir muito de Física e do meu conhecimento do assunto sem precisarem achar nenhum documento histórico inédito na França onde tenha escrito que eu estudei isso ou aquilo?

Stanley: Eu agora estou entendendo aquele negócio de historiador factualista.

Santos Dumont: Pois vamos em frente em nossa leitura interpretativa mais atenta. Deixe-me refrescar um pouco a memória de vocês com algumas coisas que eu escrevi mais importantes do que galinha voa e homem também voa.

Paulo: Eu estou começando a gostar dessa sua conversa. Para ser sincero, achei certas biografias do senhor muito infantis. Alguns autores exageram nos elogios sem dizer o porquê. Falar sobre a Física desses assuntos me parece mais interessante e mais instrutivo para os nossos alunos.

Santos Dumont: Pois, vamos tomar mais alguns exemplos daquele meu primeiro vôo! Um pouco mais

adiante, eu digo: no fundo do abismo que se cava sob nós, a 1500 metros da terra, em lugar de parecer redonda como uma bola, apresentava a forma côncava de uma tigela.

Stanley: Pára, pára, pára! Nessa eu viajei na maionese, como dizia aquele famoso locutor esportivo. Eu só entendi o início; achei interessante que, mais uma vez, o senhor parece de fato ter apreciado a questão da relatividade galileiana dos movimentos e realmente diverte-se em adotar uma tal perspectiva descritiva de que é um abismo que estava a se cavar sob os seus pés. Mas depois o senhor fala um troço novo e muito estranho, que a forma sabidamente arredondada da

Terra aparecia agora de um modo distorcido e côncavo.

João: Isso é realmente esquisito.

Afinal, nós sabemos que a superfície terrestre sobre a qual habitamos é convexa. Nós estamos na parte externa da esfera, não na parte de dentro. À primeira vista, deveríamos ver uma curvatura convexa e não côncava. Será que o senhor não se enganou? Eu já viajei muitas vezes de avião e nunca vi isso.

Santos Dumont: O que é que vocês acham?

Camello: Eu acho que o senhor estava certo, ao menos em relação à ocasião daquela sua observação. Tratava-se de uma sutil ilusão de ótica.

Paulo: Como, assim?

Santos Dumont: Eu encaminho uma explicação correta para o referido fenômeno. Vocês não leram o livro? Eu afirmo tratar-se de um simples fenômeno de refração que faz o círculo do horizonte elevar-se continuamente aos olhos do aeronauta.

Stanley: Viajei na maionese, novamente... sobrei na curva...

Santos Dumont: Je ne comprends pas.

Camello: Ele não entendeu a sua explicação, mas, por favor, dá para o senhor parar de falar francês? A gente já sacou que o senhor não é o Henri-que. Pode baixar a bola.

Santos Dumont: Como, 'baixar a

bola?'

João: Por favor, prossiga com o seu exemplo.

Santos Dumont: Na verdade, vocês precisam completar um pouco mais esta minha explicação. Ela não está errada, mas está incompleta. Isto não significa que eu não compreendesse o fenômeno em causa, pois aponte para a direção explicativa correta, mas a coisa é um pouco mais complexa, vocês sabem. Afinal, vocês são os professores de Física.

João: Bem, para começar, é preciso que se diga que este fenômeno não ocorre sempre que nos elevamos sobre a superfície da Terra. Ele é raro e realmente se deve à refração da luz, como disse o senhor Dumont.

Santos Dumont: Pode me chamar apenas de Santô. Era assim que os franceses me chamavam.

Paulo: Mas por que isso acontece, e em que condições?

Alexandre: Trata-se de uma junção de duas coisas distintas. Em primeiro lugar, a existência de uma inversão térmica, o que faz com que o ar frio fique aprisionado próximo da superfície por uma camada de ar quente mais elevada.

João: É! Isso faz com que a curvatura dos raios de luz se inverta devido à diferença dos índices de refração entre o ar quente e o ar frio, produzindo assim miragens como a de navios suspensos no ar e coisas do gênero. O balonista vê, assim, o horizonte mais alto do que de costume, em todas as direções. Entretanto, há aqui um segundo fenômeno em jogo, este agora ligado à psicologia da percepção. O balonista olha para o horizonte e pensa que ele está à mesma altura que o seu balão. Ao

olhar para baixo, entretanto, ele vê o solo mais baixo que o horizonte. Logo, a sensação é realmente a de estar sobre uma superfície côncava. Sem a inversão térmica e sem a conseqüente percepção da elevação do horizonte, esta ilusão provocada pela refração da luz não seria possível.

Paulo: Puxa, que negócio interessante! Eu não tinha percebido isso na primeira leitura que fiz do seu livro.

O inventor, como a Natureza, não faz saltos; progride de manso, evolui

O meu primeiro balão, o menor, o mais lindo, o único que teve um nome: Brasil

É por isso que o Alexandre falou que está destrinchando o que o senhor escreveu.

Cleide: Embora o senhor Santos Dumont não tenha dado toda essa explicação aqui discutida, pois, afinal, ele não era um professor de Física e nem o seu livro por nós analisado era um manual escolar, ele, com certeza, apontou para a explicação correta.

Santos Dumont: *Merci beaucoup, madame! Vous êtes très gentille.*

Stanley: Eu estou começando a perder a paciência com esse cara falando francês. Eu já disse que não entendo esse troço.

Santos Dumont: *Pardonnez-moi, monsieur!* Eu vou tentar me concentrar na nossa conversa. Há muitas outras coisas interessantes de Física em meu texto e nem tudo está devidamente explicitado, mas eu lhe garanto que está lá, basta ler com atenção. Não dá para lembrar de tudo.

Alexandre: Eu realmente tentei explicitar essas coisas em um livro que escrevi recentemente em sua homenagem. Se eu consegui ou não, são outros quinhentos, mas ao menos eu tentei. Acho melhor tentar homenageá-lo desta forma sincera do que ficar inventando que o senhor fez coisas que não fez, tais como dizer que o senhor inventou um relógio de pulso.

Santos Dumont: Eu nunca disse que inventei nenhum relógio de pulso. Eu apenas pedi ao meu amigo Cartier, um relojoeiro famoso, que fizesse um modelo especial para mim. Até aquela época, aquele era um adorno apenas feminino, mas que me parecia muito útil em minhas aventuras aeronáuticas. As minhas mãos estavam sempre ocupadas. Agora, depois que eu passei a usar o tal relógio, todo mundo copiou e a coisa virou moda até hoje.

Alexandre: Nós sabemos que o senhor não disse que inventou o tal relógio.

Nós sabemos que o senhor apenas lançou essa moda. O que me incomoda é que isso não me parece de fato algo muito importante, enquanto muitas coisas importantes que o senhor realmente fez passam despercebidas. É a tal homenagem equivocada que eu falei antes. Eu acho que o senhor deveria ser admirado pelo que realmente fez e não pelo que não fez,

e isso em toda a extensão de sua obra e em todas as suas conseqüências.

Santos Du-

mont: Estou de pleno acordo, mas nada posso fazer se me atribuem a invenção de coisas que não fiz e esquecem de coisas mais importantes que realmente fiz.

Stanley: O que o senhor fez de tão importante e que ninguém fala?

Santos Dumont (sorrindo): Eu não gostaria de falar nisso.

Alexandre: Mas seria interessante lembrar, por exemplo, que o senhor fez um uso pioneiro de vários avanços tecnológicos e científicos da época. Foi o primeiro a utilizar o alumínio na aeronáutica, o primeiro a utilizar o aço inox nesse mesmo contexto, criou uma solução revolucionária com a junção de dois motores de dois tem-

pos em um único cilindro, criou um sistema mais eficiente de direcionamento vertical para os dirigíveis, criou

os *ailerons* enquanto os irmãos Wright usavam o inconveniente sistema de torção das asas e muitas outras coisas relevantes, tanto do ponto de vista científico quanto tecnológico. Em suma, não há porque homenageá-lo por coisas menores que o senhor não fez esquecendo coisas mais importantes que o senhor fez.

João: É isso mesmo. Precisamos colocar as coisas em pratos limpos.

Santos Dumont: Eu fico muito grato. Isso de eu sair como inventor de relógio de pulso em escola de samba realmente não faz justiça à minha memória. Mas deixe-me dar mais al-

guns exemplos de Física contidos em minha obra. Eu digo, ainda sobre aquele primeiro vôo, que quando estávamos a uma grande altitude, uma nuvem encobriu repentinamente o Sol e que, como conseqüência, quase de imediato, o balão começou a murchar perigosamente. A murchar e a descer; de início lentamente, mas logo em seguida de modo cada vez mais rápido. Eu digo, claramente, que *tive medo*. Diante desta minha afirmativa, eu gostaria de lhes perguntar: por que o balão murchou quando o Sol foi encoberto por uma nuvem?

João: A razão é muito simples. A nuvem, ao colocar-se entre o Sol e o balão, impediu os raios solares de atingirem diretamente o invólucro do mesmo. Produziu-se uma sombra e, desta forma, o aquecimento causado pelos raios solares incidentes sobre o balão foi consideravelmente reduzido. É fácil de se perceber que este é um fenômeno rapidamente perceptível, pois a absorção da energia dos raios luminosos é proporcional à área do invólucro do balão exposta para os mesmos, área esta que é muito grande.

Camello: E o aquecimento do gás provoca uma constante dilatação do mesmo, o que contribui para manter a pressão interna, apesar das temperaturas cada vez menores em grandes altitudes. O fato dos raios solares não mais atingirem diretamente o balão provoca um rápido resfriamento do gás e uma conseqüente contração do seu volume. Idealizando-se o hidrogênio como um gás ideal (o que não é exatamente verdade, mas que em tais condições pode ser uma ótima aproximação explicativa) esta redução do volume pode ser vista como uma conseqüência direta da lei dos gases:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} .$$

Stanley: Por outro lado, uma tal contração do volume do gás faz com que um menor volume de ar ambiente seja deslocado. Assim, como uma conseqüência do princípio de Arquimedes – segundo o qual todo corpo

As invenções são, sobretudo, o resultado de um trabalho teimoso

O Homem pode voar... Santos Dumont dizia essa frase quando brincava com amigos, em sua infância

imerso em um fluido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso deste fluido por ele deslocado - o empuxo ascensional é subitamente reduzido.

Alexandre: São tantas coisas interessantes de Física que se pode perceber em sua obra que eu me espanto como alguns estudiosos de sua vida e de sua obra ficam ainda procurando encontrar algum documento perdido que diga exatamente o que o senhor estudou de Física. Se eu vejo alguém aplicando convenientemente o conhecimento científico, eu não vejo necessidade de perguntar se ele estudou o assunto.

Santos Dumont: Eu sempre fui muito prático e não vejo como discordar de tal observação. Infelizmente...

João: Há um trecho muito interessante que o senhor diz já na narrativa de um outro vôo de balão. E eu estou pulando uma série de outras coisas interessantes que podem também ser analisadas, mas que o espaço dessa entrevista não comporta. O senhor descrevendo, por exemplo, os clarões das cidades, percebidos ao longe, interpreta-os com base na reflexão da luz.

Santos Dumont: Eu me lembro dessa passagem. Eu digo exatamente que *percebe-se, de relance, uma fimbria cinzenta que se contorce: é um rio refletindo a claridade do astro ou das estrelas*.

Camello: Isso! Eu também li essa parte. E o senhor ainda acrescenta uma observação interessantíssima, feita no escuro da noite, sobre a mudança da altura do som de um trem em movimento. O senhor diz, textualmente que: *percebe-se fracamente um apito rouco; é um trem que passa*.

Santos Dumont: Isso mesmo. E como pode se explicar esta mudança do som produzido pelo apito de um trem em movimento, à qual eu me referi com clareza?

João: Trata-se do conhecido efeito Doppler, cujo nome é uma homenagem

ao cientista que o descobriu em 1842, Christian Andréas Doppler. O fenômeno consiste na mudança aparente na frequência de uma onda percebida por um observador em movimento em relação à fonte de tais ondas.

Camello: Eu sei que a descoberta de Doppler deu-se em um trabalho a respeito da propagação da luz das

estrelas intitulado *Sobre a luz das estrelas binárias coloridas e outras estrelas*. A

hipótese explicativa por ele lançada foi testada, em 1845, para ondas sonoras pelo físico holandês Christoph Ballot, que confirmou que a altura do som tornava-se maior (o som tornava-se mais agudo) quando a fonte sonora aproximava-se do observador e que a altura diminuía (o som tornava-se mais grave) no caso oposto. Em 1848, Hippolyte Fizeau descobriu de forma independente o mesmo fenômeno para a luz.

Alexandre: O que me importa neste contexto é não apenas a beleza desta informação física de algo do cotidiano, mas principalmente a observação de que o senhor não teve dúvida de que o trem estava se afastando. Neste contexto, para mim, fica claro que o senhor compreendia o referido fenômeno. Eu não preciso descobrir nenhum documento que me diga que o senhor estudou o efeito Doppler.

João: É isso mesmo. Mas, há muitas outras coisas que podem ser comentadas e saboreadas - essa é a palavra - em sua obra. Mesmo quando a explicação não é fornecida, alguns fenômenos narrados pelo senhor são verdadeiros convites ao raciocínio.

Stanley: Dê um exemplo, João.

João: Por exemplo, o senhor Santos Dumont diz que ao soltar o lastro e elevar-se na escuridão viu-se contemplando as estrelas. E neste momento, ele observa que: *Aí, sozinho*

com as constelações aguarda-se a aurora. E quando esta vem, numa coroa de carmesim, de ouro e de púrpura é quase a contragosto que se procura a terra. Ele refere-se, aqui, à beleza da aurora com as suas cores avermelhadas fulgurantes. Seria, então, o caso de se perguntar: Qual a causa física do belo fenômeno da aurora?

Alexandre: Eis o ponto. Quando ele não dá uma explicação a ser apreciada, ele levanta certas questões sobre fenômenos observados que, como disse João, são convites ao raciocínio. Para mim, discutir os significados físicos contidos nestes fenômenos descritos por ele também faz parte da aventura de apreciar a sua obra. Assim fazendo, nós a reescrevemos. E essa me parece uma boa maneira de prestar uma homenagem ao nosso visitante ilustre.

Stanley: Nós podemos passar um bom tempo apreciando as situações levantadas na obra do Santos Dumont, mas nem sempre é fácil perceber a explicação correta.

João: E também não haveria espaço para fazer uma tal coisa em uma simples conversa como essa. Isso demanda a leitura de todo um livro.

Alexandre: Mas fica aqui a amostra do que isto pode significar.

Henrique: Do que vocês estão falando? Onde está o meu comprimido?

Camello: Oh, não! O Henrique acordou. Como é que nós vamos saber o resto da história?

Stanley: Eu resolvo isso agorinha. Deixe-me empurrá-lo na escada. (risos)

Henrique: Não, nem de brincadeira. É melhor ler o livro do Alexandre com a história toda.

Para saber mais

A. Medeiros, *Santos Dumont e a Física do Cotidiano* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2006).

As coisas são mais belas quando vistas de cima



Uma Viagem Pela Física e Astronomia Através do Teatro e da Dança

Ciência e Arte

É notório o fato de como a dicotomia entre Ciência e Arte, corpo e alma, entre matéria e consciência, entre *res extensa* e *res cogitans* é ainda o paradigma vigente em todas as áreas do conhecimento humano, até mesmo no educacional, o que contribuiu para estigmatizar o ensino, inclusive dividindo-o nas áreas de exatas e humanas. Como se não fosse necessário, para a área de exatas, o uso da emoção, assim como, para a área de humanas, o uso da mente e do raciocínio.

A maneira como se apresenta o contexto cultural atualmente, decorrente da nova visão de mundo inaugurada pela física moderna, pede que o homem construa novas formas de sentir, pensar e agir

Muitos trabalhos, desenvolvidos atualmente buscam contrariar este paradigma, e grandes passos têm sido dados. Nesse caminho apresentamos este trabalho, desenvolvido para alunos, tanto do Ensino Fundamental como iniciantes no Ensino Médio, onde enfatizamos a importância da relação entre Ciência e Arte. Há profundas relações entre uma e outra que raramente são trabalhadas, mas deveriam sê-lo, pois a maneira como se apresenta o contexto cultural atualmente, decorrente da nova visão de mundo inaugurada pela física moderna, pede que o homem construa novas formas de sentir, pensar e agir que possibilitem a construção de novas formas de ensinar e aprender, de maneira a contemplar essas relações.

Nas palavras de Pujol [1], *A ciência fornece a motivação racional, que nutre a intuição estética e artística, e a arte*

oferece instrumentos intuitivos para se apropriar dos conceitos que a Ciência propõe.

Trabalhar a Ciência sem a Arte ou a Arte sem a Ciência é desprezar a criatividade para inventar um futuro mais belo e humano que possibilite a modificação das regras do jogo estabelecidas pelos detentores do poder. O físico e escritor inglês C.P. Snow (1905-1980) afirmava que a separação

entre essas duas culturas, Ciência e Arte, dificultava a busca pela solução de graves problemas que afetavam a humanidade [2].

Por esses motivos a união do teatro e da dança,

conhecidas artes do corpo, com a Física é mais do que bem vinda e justificada, já que permite o diálogo, ou a ponte, entre essas duas áreas do conhecimento. Também achamos importante a inserção do corpo, do movimento nas aulas de Física para desfazer a idéia de que somente é necessário o uso da razão (mente) nessa Ciência.

No fazer artístico o corpo pensa o espaço, o tempo, o sensível e a emoção, e o pensamento se amplia porque se torna ação experienciada e não somente processo racional e mental. As emoções participam da racionalidade através do corpo, é possível, portanto, reatar a ligação entre sujeito e objeto, espírito e matéria, qualidade e quantidade, sentimento e razão, liberdade e determinismo, existência e essência, corpo e mente.

Esses contrários tornam-se complementares assim como o são o

.....
Silvia Helena Mariano de Carvalho
Mestranda em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
e-mail: silhmc@if.usp.br
.....

Neste artigo fazemos o relato de um projeto desenvolvido com alunos do Ensino Fundamental, na disciplina Ciências, que teve como ponto de partida o caráter conceitual e histórico da Ciência, geralmente omitido pelo ensino atual. O ponto central do projeto foi uma peça de teatro e atividades paralelas, como a construção de maquetes e confecção de cartazes, complementaram e ilustraram o tema da peça.

Tal atividade permitiu-nos levantar, junto aos alunos, importantes discussões a respeito da produção científica, tais como: a falibilidade e transitoriedade da Ciência, a visão do cientista como um homem comum e a finalidade da produção científica.

O projeto culminou com a apresentação teatral e exposição das atividades. Os resultados foram avaliados através da participação dos alunos no projeto e da análise de algumas questões levantadas em sala de aula. Estes mostraram-se bastante satisfatórios levando-nos à conclusão de que é possível unir Ciência e Arte em prol de uma educação mais dinâmica e complementar.

espaço e o tempo, as ondas e as partículas. Essa singularidade favorece a apropriação, o diálogo e a negociação, características necessárias na construção de uma nova organização social em que devem participar atores diferentes dada a complexidade atual. Por isso, a educação científica de hoje precisa contemplar aquilo que é antagônico e complementar [1].

Terra e Universo

Aliando essas perspectivas à necessidade de desenvolver um projeto de trabalho na escola, pensamos em escrever uma peça de teatro com linguagem simples e divertida, como ponto central do projeto, em que seria possível trabalhar, através da História da Ciência, alguns conceitos de Física e Astronomia.

A peça se desenvolve através do diálogo entre um avô idoso e seus dois netos, sentados perto de um monte de areia. Durante o diálogo os personagens, que contribuíram com suas idéias e descobertas, se apresentam no palco (Pitágoras, Aristarco de Samos, Claudio Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton e Albert Einstein). Foram abordados os conceitos, geocentrismo, heliocentrismo, leis de Kepler, gravitação de Newton e as teorias da relatividade de Einstein.

Em determinado momento acontece uma coreografia sobre as estações do ano. Foi interessante porque as alunas que apresentaram essa dança, sob o som de *As Quatro Estações* de Vivaldi, representaram como essas estações ocorrem na Terra através de suas roupas. Por exemplo, a primeira vestia uma calça florida (primavera) e a blusa em tons terra (outono), a segunda vestia, da cintura para baixo, shorts e sandálias (verão) e blusa de lã (inverno), a terceira vestia, da cintura para baixo, roupas em tons terra (outono) e blusa com estampa de flores (primavera) e a quarta, da cintura para baixo calças grossas e botas

(inverno) e blusa de alças (verão).

Escolhemos a oitava série para representar a peça porque, além de estarem em uma faixa etária mais apropriada para assimilar o texto, teriam a oportunidade de conhecer a Física através desse enfoque, antes do habitual apresentado no Ensino Médio, o que lhes facilitaria o aprendizado, pois, como disse Albert Einstein, *Nenhum cientista pensa em fórmulas. Antes que o cientista comece a calcular, deve ter em seu cérebro o desenvolvimento de seus raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras simples. Os cálculos e as fórmulas constituem o passo seguinte.*

Atividades relacionadas aos conceitos trabalhados na peça foram realizadas por outras séries e constituíram-se, basicamente, na construção e confecção de maquetes e cartazes dos modelos sobre os quais a peça discorria. Isso foi feito porque o projeto da escola se estendia da quinta a sétima séries do Ensino Fundamental.

A quinta série pesquisou a origem da matéria e do Universo e confeccionou uma maquete sobre este assunto com o título

Nós somos poeira das estrelas.

A sexta série montou uma representação do Sol, da Terra, da Lua e das constelações do zodíaco de maneira que fossem demonstradas como ocorrem as estações do ano e as fases da Lua. Pesquisou-se a importância dos instrumentos ópticos no desenvolvimento da Astronomia e a diferença entre esta e a astrologia.

A sétima série confeccionou cartazes explicativos dos modelos geocêntrico e heliocêntrico, construiu uma maquete do modelo geocêntrico de Ptolomeu e, o que foi muito interessante, uma maquete do pêndulo de Foucault, instrumento que possibilitou a comprovação do movimento de rotação da Terra.

A oitava série participou também da construção de algumas maquetes. Fizeram a representação da Terra como era vista pelos antigos gregos e

construíram um brinquedo baseado no conceito de centro de gravidade. Aprenderam a construir elipses e classificá-las (excentricidade), diferenciando-as das circunferências.

Além desta apresentação uma outra ocorreu em outra escola e em outro momento (2003), desta vez com alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

Uma Viagem pelos Céus

Cenário: palco com luzes e pano preto, dando a impressão de uma noite estrelada, monte de areia em um canto. Os personagens entram olhando para as luzes que representam as estrelas.

Personagem 1 (neto/a): - Olha que céu maravilhoso.

Personagem 2 (neto/a): - É mesmo, dá vontade de ficar a noite inteira admirando essa beleza.

Personagem 3 (vovô): - Vocês estão vendo este monte de areia? (P3 pega um punhado de areia nas mãos)

P2: - Estamos sim vovô, mas o que isso tem a ver com o céu estrelado?

P3: - É que este céu estrelado é apenas um pedacinho do Universo em que vivemos, cheio de milhões de estrelas, galáxias e planetas, assim como este monte de areia contém milhares de grãosinhos.

P1: - Como podemos saber essas coisas sobre o Universo?

P3: - Através de uma ciência que se chama Astronomia, que começou há muito tempo atrás, quando o homem percebeu que o Sol era fonte de calor, que a Lua ia e vinha em ciclos regulares, que determinadas estrelas apareceriam nas épocas das chuvas, outras no período da colheita de suas plantações e que formavam figuras no céu.

P2: - Ah! É por isso então que deram nomes às estrelas?

P3: - É sim P2. Acreditavam que eram seus deuses e que o céu era sua morada, lugar perfeito, nada de novo ali acontecia.

P1: - Mas não é verdade, lá ocorrem coisas interessantes, não é mesmo?

P3: É sim, coisas que só puderam ser conhecidas depois que os homens

Escolhemos a oitava série para representar a peça porque, além de estarem em uma faixa etária mais apropriada para assimilar o texto, teriam a oportunidade de conhecer a Física através desse enfoque, antes do habitual apresentado no Ensino Médio

começaram a estudar o céu.

P2: - Quando foi isso, P3?

P3: - Foi há muito tempo. Os povos babilônicos, chineses e egípcios tinham grande interesse pelos fenômenos celestes, mas foram os gregos, por volta do século VI a.C. que começaram a estudá-lo de forma racional, desvinculado da mitologia.

P1: - Conta pra nós essa história.

P3: - Bem, começou praticamente com um tal de Pitágoras.

Entra Pitágoras com um modelo de Terra plana (disco grande de vinil - LP) em uma das mãos e na outra um modelo esférico.

Pitágoras: - Sabe, na minha época, praticamente todo mundo pensava que a Terra era plana, rodeada de abismos. Eu avisei pra eles: não é bem assim, a Terra é redonda e que o Universo é regido por leis harmoniosas. Poucos acreditaram em mim.

P3: - Pensavam que a Terra era o centro do Universo.

P2: - Mas ela não é, não é mesmo?

P3: Vamos ver. Um tal de Aristarco de Samos, que viveu na Grécia depois de Pitágoras, teve um palpite feliz.

Entra Aristarco carregando um modelo heliocêntrico.

Aristarco: - Fui o primeiro a falar que o Sol ocupa o centro do Universo, só que meus contemporâneos acharam que eu estava biruta. Demorou muito tempo para as pessoas verem que eu estava certo.

P1: - Como puderam ser tão estúpidos e continuar achando que a Terra estava no centro?

P3: - Você imagina que estamos viajando a 108.000 km/h em volta do Sol?

P2: - Puxa, tudo isso! Parece que estamos parados.

P3: - Pois é, era o que pensavam, viam o Sol passando e achavam que ele é que se movia. Não podemos chamá-los de estúpidos. Além de não possuírem instrumentos precisos de observação, acreditavam no que viam. Imagine daqui a algum tempo nos chamarem de bobos por acreditarmos em coisas que achamos que estão completamente certas hoje. A Ciência

é cheia de novas descobertas que podem encontrar falhas nas velhas e até contradizê-las, por isso não podemos achar que a Ciência chega à verdade absoluta dos fatos.

P1: - Vamos, me conta mais desta história. Quem mais pensava assim?

P3: - Aristóteles, grande filósofo grego e seu amigo Eudoxo bolaram um modelo de Universo cheio de esferas ocas e transparentes com a Terra ocupando o lugar central. Essa idéia correu o mundo por muito tempo por causa de um livro escrito por Cláudio Ptolomeu, no ano 150 da nossa era.

Entra Ptolomeu com um livro na mão e o modelo geocêntrico na outra.

Ptolomeu: - Oi, sou autor de um livro chamado *O Almagesto*. Neste livro explico direitinho como é o Universo com a Terra no centro. Esta obra-prima foi um grande livro de Astronomia. Todo mundo acreditou nele por quase 1500 anos, até aparecer um tal de Copérnico e propor um novo modelo de Universo.

Entra Copérnico com um livro na mão e com um modelo heliocêntrico na outra.

Copérnico: - Não leiam o livro que esse cara escreveu. Comprem o meu, *Sobre a Revolução das Esferas Celestes*, é mais atualizado. Se eu soubesse que ele ia ficar tão famoso (mostrando o livro) não teria tanto receio de publicá-lo.

P2: - Por quê o medo de falar que o Sol estava no centro do Universo?

P3: - Porque para as pessoas da época, principalmente para a igreja, o homem era a criação máxima de Deus, portanto deveria ocupar o centro do Universo. Falar o contrário era blasfemar contra Deus e a Bíblia.

P1: - Então este livro deve ter causado uma revolução!

P3: - Causou mesmo, uma grande revolução que teve outros colaboradores.

P2: - Quem mais?

P3: - Tycho Brahe foi um deles.

Entra Tycho com nariz encapado de papel alumínio.

Tycho: - Sou um nobre dinamarquês e ganhei uma ilha de presente

do rei onde construí um observatório celeste. Um belo dia, quando voltava para casa, olhei para o céu e vi uma estrela que nunca havia estado naquele lugar. Será possível?

- Bem, tinha tanto trabalho em observar e anotar o que via no céu que precisei de um assistente. Veio um tal de Johannes Kepler. O cara era meio tinoso, até acreditava que a Terra se movia em torno do Sol, mas fez bom uso de minhas observações que por sinal eram bem completas.

- Ah, querem saber o que aconteceu com meu nariz? Perdi a ponta em um duelo na época de estudante.

Entra Kepler segurando uma figura elíptica.

Kepler: - Já ouviram minha fama. Sou realmente um cara esquisito. Também pudera, fiquei viúvo com um monte de filhos para cuidar, minha mãe quase foi queimada na fogueira porque achavam que ela era bruxa.

- Bem, vamos ao que interessa. Com as anotações de Tycho somadas às minhas observações, descobri coisas que ninguém conhecia. Descobri que a órbita dos planetas não é um círculo perfeito, como se imaginava, mas sim uma elipse (mostra a figura nas suas mãos) com o Sol ocupando um dos focos. Portanto os planetas ora passam mais perto do Sol, ora mais longe. Quando estão mais afastados do Sol andam mais devagar e quando mais perto andam mais rápidos.

Tycho: - Então é por isso que existem as estações do ano, uma hora o planeta está mais longe e outra hora mais perto do Sol.

Kepler: - Não é nada disso, se fosse assim seria inverno na Terra toda, ou verão na Terra toda e não é isso o que acontece. Enquanto no hemisfério Sul é verão, no Norte é inverno. As estações do ano acontecem por causa da inclinação do eixo da Terra.

Neste momento entra uma coreografia sobre as estações do ano.

Kepler: - Voltando às minhas leis, descobri também outra coisa: quanto mais longe do Sol está o planeta, mais longo é o seu ano. Por isso a Terra demora 1 ano para dar a volta em

torno do Sol enquanto Júpiter demora 11 anos. As leis que regem o Universo são harmoniosas como melodias celestes (Toca a música de *Contatos Imediatos*).

P1: - Por que Tycho Brahe se assustou ao ver uma estrela que nunca tinha visto no céu?

P3: - Porque o céu era considerado a morada de Deus, o lugar da perfeição, nada mudava.

P2: - Puxa, deve ter sido uma surpresa para quem pensava desse jeito...

P3: - Vocês não viram nada, surpresa mesmo veio com o famoso Galileu Galilei, na Itália, em uma época de grande atividade cultural, o Renascimento.

Entra Galileu segurando uma luneta.

Galileu: - Não fui eu quem inventou a luneta, mas fui o primeiro que a apontou para o céu para verificar o que realmente acontecia por lá. Por isso sou considerado o pai da ciência moderna. Vi tanta coisa que não dava para acreditar, aliás, ninguém acreditava mesmo. Vi manchas na Lua, no Sol, descobri luas em Júpiter e também que o tal de Copérnico poderia estar certo, é a Terra que gira em torno do Sol. Mas estas descobertas me causaram um problemão com a Igreja da época.

Entra uma menina vestida de longo, um crucifixo no peito e um livro representando a Bíblia na mão.

Igreja: - Senhor Galileu, o senhor está falando abominações contra as Sagradas Escrituras.

Galileu: - Não estou! Apenas falo o que vejo e, além disso, a Bíblia mostra o caminho para o céu, não os caminhos que o céu segue e é sobre estes que falo.

Igreja: - Lembre-se que o senhor poderá ser queimado na fogueira por falar heresias.

Galileu: - O que? Ser queimado vivo como foi o tal de Giordano Bruno?

Igreja: - Então desminta tudo o que o senhor afirmou.

Galileu: - Tá bom, por livre e espontânea pressão, eu abjuro, amal-

dição e deploro todos os erros e heresias contra a Santa Igreja, e juro que no futuro jamais mencionarei oralmente ou por escrito qualquer coisa que levante suspeitas semelhantes contra mim.

P1: - O que aconteceu com ele?

P3: - Teve que cumprir uma pena, ficar trancafiado dentro de casa e nunca mais tocar no assunto até morrer, aos 78 anos, cego de tanto olhar para o Sol com sua luneta.

P2: - E as pessoas continuaram acreditando que o Sol e os planetas giravam em torno da Terra?

P3: - Bem, acho que até hoje tem gente que pensa assim, mas não demorou muito para que a maioria das pessoas mudasse de idéia. Curiosamente, no ano em que Galileu morreu, em 1642, nasceu na Inglaterra Isaac Newton.

Entra Newton jogando uma maçã.

Newton: - Podem me chamar de Sir Isaac Newton. Sou muito vaidoso, também pudera, descobri algumas leis que praticamente explicam o funcionamento do Universo. Desvendi os mistérios que fazem as águas dos oceanos subirem e descerem, a Lua aparecer e desaparecer no céu e os planetas orbitarem o Sol. Se vi mais longe do que outros homens, foi porque estava sobre ombros de gigantes (vêm para perto de Newton, Kepler, Copérnico e Galileu).

- A consagração de meu nome como um dos maiores cientistas de todos os tempos ocorreu em 1846, quando descobriram o planeta Netuno usando minha Lei da Gravitação Universal, que diz o seguinte: "matéria atrai matéria, na razão direta das massas, na razão inversa do quadrado da distância".

- Foi um arraso e a confirmação do que está escrito em minha lápide: "A natureza e suas leis jaziam ocultas na noite. Deus disse: Que Newton exista! E tudo se fez luz".

P1: - Nossa, o homem foi grandioso mesmo!

P3: - Foi e é, mas você se lembra quando te falei que na Ciência há des-

cobertas que contradizem ou acham falhas nas antigas descobertas?

P2: Sim, e que por isso a Ciência não pode ser considerada a verdade absoluta dos fatos nem responde a todas as questões humanas.

P3: - Pois é, as leis de Newton foram e são as respostas satisfatórias para muitos fenômenos da natureza, mas a Lei da Gravitação Universal não dava conta de explicar satisfatoriamente a órbita do planeta Mercúrio.

P2: - Puxa, então como se explica esse enrosco?

P3: - Vamos convidar um cara muito legal, que além de ser grande cientista, foi um grande ser humano, preocupado com a paz e o respeito entre os povos, para explicar isso.

Entra Einstein com um relógio grande pendurado no pescoço.

Einstein: - Olá pessoal, vou lhes falar um pouco sobre minhas descobertas. As Leis de Newton explicam muitos bem os fenômenos que acontecem aqui na Terra, onde a velocidade dos corpos é relativamente pequena se comparada à velocidade da luz, já as minhas teorias dizem respeito ao mundo do muito pequeno, o mundo do átomo, e também ao mundo do que é muito grande, tais como as dimensões do Universo e a velocidade da luz.

Entra Newton.

Newton: - Olá senhor Einstein, tenho grande prazer em conhecer pessoa tão ilustre, não tanto quanto eu, é lógico. Conta esse negócio direito, eu não estou entendendo.

Einstein: - Vou lhe contar, Sir Isaac Newton. Nas minhas teorias da relatividade, explico que a matéria pode se transformar em energia e vice-versa (vira o relógio e mostra atrás deste a famosa equação $E = mc^2$).

Newton: - Como assim? O senhor é louco!

Einstein: - Não Sir, isto acontece no Sol. Lá, átomos de hidrogênio se fundem, uma parte se transforma no gás hélio e outra se transforma nessa energia maravilhosa que propicia a vida na Terra.

Newton: - Ah, meu pai! Era só o que me faltava. Fale mais.

Einstein: - Ah! Também descobri outra coisa. Além das três dimensões do espaço, há outra, a do tempo. Por isso o tempo é relativo.

Newton: - O senhor está enganado, o tempo não é relativo, e sim absoluto.

Einstein: - Deixe-me explicar. Imagine que o senhor tem um irmão gêmeo que fica aqui na Terra enquanto o senhor vai fazer uma excursão pelo Universo afora, viajando próximo à velocidade da luz que é de 300.000 km/s.

Newton: - Como se isso fosse possível!

Einstein: - Realmente ainda não é, mas vamos lá. Quando o senhor retornasse dessa viagem, o senhor poderia ter uma grande surpresa. Seu irmão, que ficou na Terra, estaria muito mais velho que o senhor porque o tempo passa mais rápido para quem está a velocidades normais, estas a que estamos acostumados, mas passa muito lentamente para quem viaja próximo à velocidade da luz.

Newton: - Cruz credo, o homem é tam-tam mesmo, se bem que estaria aí a solução para sermos sempre jovens.

Einstein: Tem mais, companheiro, descobri como se explica melhor a gravidade dos planetas.

Newton: - O que é isso, está querendo me afrontar?

Einstein: - Não, só ajudar.

Newton: - Então fala.

Einstein: - Vamos pedir ajuda aos nossos ilustres companheiros de caminhada, por favor, Copérnico, Kepler e Galileu, venham nos ajudar. Segure cada um uma ponta deste lençol.

- Newton, me empresta tua maçã, vou colocá-la no meio do lençol, representando o Sol. Agora prestem atenção, quando solto esta pequena bola que representa um planeta qualquer, reparem que ela circunda a bola maior porque esta afunda o lençol.

Galileu: - Bem, o que essa coisa tem a ver com a gravidade?

Einstein: - Pois é assim que acontece. Os corpos pesados deformam o espaço em sua volta, fazendo com que os corpos menores fiquem

circulando em torno de si, como os planetas em torno do Sol. Não é mesmo Copérnico?

Copérnico: - É isso mesmo, amigo.

Einstein: - Pois é Sir Newton, minhas descobertas foram um passo muito grande para o avanço das modernas tecnologias, mas também foram um impulso para a construção da bomba atômica. Por que será que temos que usar a Ciência para tão tristes fins?

P2: - Eu concordo com Einstein, o homem à vezes utiliza a Ciência para fabricar coisas que destroem a vida e o planeta.

P3: - Isso não deixa de ser verdade, só que não podemos nos esquecer do quanto a Ciência já fez por nós. Através da Ciência aprimoramos a prevenção e a cura de muitas doenças, aprendemos sobre os planetas próximos e distantes, sobre a Lua, o Sol, as estrelas e

as galáxias longínquas. Do ponto de vista da Astronomia, a Terra é um astro entre todos os astros que povoam o espaço cósmico, como se fosse apenas um grãozinho deste monte de areia.

P1: - É, mas acontece que a Terra é nosso lugar, e isso a faz especial para nós. Devemos cuidar desse grãozinho, pois para onde iremos se destruímos a nossa morada?

Segundas intenções

Com este tipo de atividade intencionamos também apresentar aos alunos alguns aspectos inerentes à produção científica.

Evidenciamos a dificuldade de expor novas idéias, teorias ou modelos na pessoa de Aristarco, de Copérnico (na relutância para publicar seu livro), e de Galileu (seu problema com a igreja), realçando que não é fácil fazer Ciência, já que os fatores históricos, filosóficos e sociais estão sempre presentes na sua edificação. Conforme Carvalho [3], *O desenvolvimento histórico nos faz compreender os racio-*

cnios elaborados em cada etapa do processo de desenvolvimento de um conceito e as dificuldades encontradas pelos cientistas que, às vezes, levaram anos e anos para superá-las.

Em alguns episódios destacamos o caráter humano da construção científica, por exemplo, a grandiosidade e a coragem de Newton, a reação de Galileu, que negou suas afirmações para se livrar de uma condenação, como a de Bruno. Questionamos os alunos se não fariam o mesmo no lugar destes cientistas. Não são eles como nós?

Esperamos assim que os alunos possam perceber uma porção generosa de falhas que permeiam a Ciência assim como os cientistas, desmascarando a visão da Ciência perfeita e a da figura do cientista sobre-humano.

Achamos importante frisar que não existiria Ciência sem o homem para realizá-la e, como o "fazer humano" não é perfeito, vale ressaltar que sendo a Ciência fruto desse fazer, também

é passível de imperfeições e de certas influências.

Trabalhamos a transitoriedade da Ciência ao mostrar que os modelos vão sendo modificados ao longo do tempo, como foi o caso do modelo heliocêntrico em substituição ao geocêntrico e pretendemos deixar claro que o que sabemos hoje, pode não ter o mesmo significado amanhã, portanto, considerar a Ciência como a "dona absoluta da verdade" é ignorância.

Também procuramos mostrar que existe uma relação entre Ciência e Tecnologia ao citar que através da luneta Galileu pôde observar muitas coisas que antes não podiam ser observadas e, finalmente, quando Einstein lamenta o uso da Ciência para a destruição e um personagem (o avô) mostra que não é só para fins obscuros que a Ciência trabalha, levantamos a polêmica a respeito dos fins para os quais a produção científica se destina.

Acreditamos que esse aspecto é importante, pois é necessário despertar a consciência do aluno para o uso

ambíguo dos conhecimentos que a Ciência proporciona, que tanto pode levar ao caminho do desenvolvimento como também levar ao caminho inverso, do atraso, da discriminação e da destruição. Levar o aluno a pensar na utilização racional e ética da Ciência, é ponto importante da educação científica e essencial nos dias de hoje.

Conclusão

Podemos dizer que a peça obteve o sucesso esperado, pois os alunos se empenharam bastante e demonstraram grande interesse em todas as etapas envolvidas, desde a confecção do cenário e do vestuário dos personagens até o momento da apresentação.

A Física não é só feita de fórmulas, não é só matemática. Ela é pensamento, raciocínio, divagação e imaginação

Através de questões e debates, realizados na sala de aula, avaliamos que compreenderam os conceitos trabalhados, assim como passaram a entender alguns aspectos da produção científica.

Através dessa obra, que contou um pouco da história da Física e da Astronomia, procuramos mostrar que não devemos fechar nossas mentes para essa Ciência devido ao pré-conceito de que ela é difícil. A Física não é só feita de fórmulas, não é só matemática. Ela é pensamento, raciocínio, divagação e imaginação.

Não temos que vê-la apenas por um ângulo, há muitos outros pelos quais devemos conhecê-la. Afinal, Van Gogh viu o céu de uma maneira,

Shakespeare de outra e Galileu com sua luneta inaugurou o que veríamos através da Ciência. Todas são belas, cada uma a seu modo. Daí a importância da criatividade e da ousadia para o ensino da Física.

É importante que possamos enxergar esta Ciência com outros olhos, ressaltando-lhe não apenas o aspecto conceitual e formal, mas também o seu caráter cultural, afinal, como disse o prof. João Zanetic, *Física também é cultura*.

Referências

- [1] Rosa Pujol, *Alambique* **32**, 15 (2002).
- [2] C.P. Snow, *The Two Cultures* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993).
- [3] Anna Maria P. Carvalho, *Física: Proposta para um Ensino Construtivista* (Editora Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, 1989).



As leis de Newton

Cursos introdutórios sobre forças e movimento circular podem ser encontrados em vários sítios. Alguns tutoriais são bastante úteis, apresentando várias questões para o aluno treinar seus conhecimentos. Dentre eles citamos:

<http://www.physics.uoguelph.ca/tutorials/fbd/FBD.htm>, para discutir diagrama de forças.

<http://www.fisica.ufpb.br/prolicen/Cursos/Curso1/ln51int.html>

No sítio <http://ffden-2.phys.uaf.edu/211.fall2000.web.projects/Vlad%20Paverman/forces.htm> as leis de Newton são analisadas no esporte de queda livre e salto de pára-quedas. Uma pequena animação de como o pára-quedas funciona é apresentada de forma bastante clara.

Em <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/carcr.html> há uma discussão sobre colisão de automóveis, a força necessária para parar um carro e os efeitos de uma colisão.

http://www.hesston.edu/academic/faculty/nelsonk/PhysicsResearch/Ski/matts_page.htm é uma página voltada para o Ensino Médio. Discute a Física envolvida no ato de esquiar e como o esqui funciona. Muito bem feito e de fácil compreensão.

ambíguo dos conhecimentos que a Ciência proporciona, que tanto pode levar ao caminho do desenvolvimento como também levar ao caminho inverso, do atraso, da discriminação e da destruição. Levar o aluno a pensar na utilização racional e ética da Ciência, é ponto importante da educação científica e essencial nos dias de hoje.

Conclusão

Podemos dizer que a peça obteve o sucesso esperado, pois os alunos se empenharam bastante e demonstraram grande interesse em todas as etapas envolvidas, desde a confecção do cenário e do vestuário dos personagens até o momento da apresentação.

A Física não é só feita de fórmulas, não é só matemática. Ela é pensamento, raciocínio, divagação e imaginação

Através de questões e debates, realizados na sala de aula, avaliamos que compreenderam os conceitos trabalhados, assim como passaram a entender alguns aspectos da produção científica.

Através dessa obra, que contou um pouco da história da Física e da Astronomia, procuramos mostrar que não devemos fechar nossas mentes para essa Ciência devido ao pré-conceito de que ela é difícil. A Física não é só feita de fórmulas, não é só matemática. Ela é pensamento, raciocínio, divagação e imaginação.

Não temos que vê-la apenas por um ângulo, há muitos outros pelos quais devemos conhecê-la. Afinal, Van Gogh viu o céu de uma maneira,

Shakespeare de outra e Galileu com sua luneta inaugurou o que veríamos através da Ciência. Todas são belas, cada uma a seu modo. Daí a importância da criatividade e da ousadia para o ensino da Física.

É importante que possamos enxergar esta Ciência com outros olhos, ressaltando-lhe não apenas o aspecto conceitual e formal, mas também o seu caráter cultural, afinal, como disse o prof. João Zanetic, *Física também é cultura*.

Referências

- [1] Rosa Pujol, *Alambique* **32**, 15 (2002).
- [2] C.P. Snow, *The Two Cultures* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993).
- [3] Anna Maria P. Carvalho, *Física: Proposta para um Ensino Construtivista* (Editora Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, 1989).



As leis de Newton

Cursos introdutórios sobre forças e movimento circular podem ser encontrados em vários sítios. Alguns tutoriais são bastante úteis, apresentando várias questões para o aluno treinar seus conhecimentos. Dentre eles citamos:

<http://www.physics.uoguelph.ca/tutorials/fbd/FBD.htm>, para discutir diagrama de forças.

<http://www.fisica.ufpb.br/prolicen/Cursos/Curso1/ln51int.html>

No sítio <http://ffden-2.phys.uaf.edu/211.fall2000.web.projects/Vlad%20Paverman/forces.htm> as leis de Newton são analisadas no esporte de queda livre e salto de pára-quedas. Uma pequena animação de como o pára-quedas funciona é apresentada de forma bastante clara.

Em <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/carcr.html> há uma discussão sobre colisão de automóveis, a força necessária para parar um carro e os efeitos de uma colisão.

http://www.hesston.edu/academic/faculty/nelsonk/PhysicsResearch/Ski/matts_page.htm é uma página voltada para o Ensino Médio. Discute a Física envolvida no ato de esquiar e como o esqui funciona. Muito bem feito e de fácil compreensão.



Cidade do Átomo, um Software para o Debate Escolar sobre Energia Nuclear

Introdução

Desde 1997 vimos desenvolvendo, com o financiamento público de diversas agências de fomento à pesquisa, um projeto de elaboração de materiais didáticos informatizados para o ensino das Ciências [1]. Esse projeto se inclui na tradição de nosso grupo de pesquisa em trabalhar com a análise e a produção de material didático de ciências e de Química.

Ao iniciarmos a elaboração de materiais didáticos informatizados, nossa intenção era levar as abordagens para o ensino de Química que fazíamos com temas geradores (por exemplo, qualidade e tratamento de águas, sabões e detergentes, poluição do ar, agrotóxicos e siderurgia) para o meio eletrônico. Sabíamos que não havia sentido em apenas fazer uma versão digital para o que está escrito nos livros. Era necessário desenvolver materiais que aproveitassem a máxima interatividade que o computador pudesse oferecer [2,3], pois mesmo que os computadores possibilitem a utilização dos mais altos

níveis de instrução para aumentar o controle do estudante sobre sua aprendizagem (por exemplo, as estratégias de resolução de problemas ou de simulações), eles também podem ser usados para um simples exercício-

e-prática (ou treino-e-repetição).

No âmbito da informática educativa é possível reconhecer a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação como uma solução viável para o Ensino Fundamental [4]. No entanto, diversos autores [5-7] entendem que, quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo ao desenvolvimento dos projetos.

O uso de simulações computacionais, assim, tem sido recomendado para dar aos estudantes um melhor acesso aos tópicos que eles estão aprendendo e que normalmente seriam desenvolvidas em aulas expositivas. Segundo Laurillard [8], isso é feito para qualquer situação ou sistema

que possa ser modelado por um programa de computador, por exemplo: sistema orbital, leis dos gases, operação de usinas nucleares e o movimento populacional. Dessa forma, segundo esta autora, uma das esperanças que se tem é que as simulações oportunizarão aos estudantes experimentar uma versão

No âmbito da informática educativa é possível reconhecer a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação como uma solução viável para o Ensino Fundamental. No entanto entende-se também que, quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo ao desenvolvimento dos projetos

do mundo mais direta e por meio disso formular uma melhor compreensão conceitual.

A estratégia de resolução de problemas envolve, por sua vez, o planejamento, a averiguação, a testagem,

.....
Marcelo Leandro Eichler¹, Fernando Junges e José Claudio Del Pino
Área de Educação Química,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
¹e-mail: exlerbr@yahoo.com.br
.....

Cidade do Átomo é um *software* educativo que pretende colaborar para a abordagem escolar do tema radioatividade. O *software* utiliza uma abordagem de resolução de problemas relacionados à proteção radiológica e permite desenvolver uma estratégia pedagógica de jogo de papéis para discussões sobre a produção de energia elétrica através do uso da energia nuclear.

a revisão e a avaliação do caminho seguido pelo estudante. Farynaiarz e Lockwood [9], em uma pesquisa sobre o uso combinado das estratégias didáticas de simulação e de resolução de problemas visando à educação ambiental, concluem que os estudantes de diversas maneiras: a) aprenderam

os conteúdos a partir da estrutura de um problema de investigação atual (por exemplo, a análise da poluição de lagos, o gerenciamento e tratamento de esgoto e a dinâmica populacio-

nal); b) puderam compreender os limites da análise laboratorial; c) isolaram e extraíram a informação pertinente do material de pesquisa; d) formularam conceitos em pequenos grupos de discussão; e e) começaram a reconhecer as limitações das previsões baseadas nos modelos computacionais.

Ao desenho, ainda, pode ser incorporada a estratégia de jogo. Rieber e Matzko [10] entendem que os melhores projetos didáticos evocam a experiência do jogo, pois provocam a tendência natural da pessoa improvisar com certos problemas até eles serem resolvidos. Porém eles não defendem uma forma qualquer de jogo, mas um tipo sério e criterioso, que engaje os estudantes em uma atividade intensa e cuidadosa.

Uma das formas de jogo utilizado em educação é a representação de papéis [11, 12]. Nas atividades desse tipo, alunos diferentes assumem os diversos papéis de um mesmo enredo, debatendo e defendendo as posições e os argumentos de seus personagens. Esse tipo de jogo, também, pode ser acompanhado de simulações, como forma de descrever e recriar o contexto para o debate [13].

Uma das maneiras de unir as estratégias de simulação, resolução de problemas e jogo, é a utilização de cenários [14]. Por um lado, os cenários auxiliam os projetistas dos materiais didáticos computacionais na tomada de suas decisões, onde eles vêem e sentem o progresso de seu trabalho em

direção ao resultado final. Por outro, os cenários oferecem hipóteses concretas sobre como os estudantes utilizarão o material didático.

Nesse contexto é que fomos buscar os meios de produção de energia elétrica como suporte temático para a construção dos roteiros e dos cenários de nossos materiais didáticos informatizados. Essa temática está na pauta da educação científica e das abordagens visando a inter-relação de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Por exemplo, Gilbert [15] entende que essa inter-relação, quando levada aos assuntos ambientais, permite a escolha de diversos temas para o ensino de Ciências e Tecnologia, tais como: a) os meios de produção de energia elétrica; b) a contaminação do ar urbano; c) a diminuição da camada de ozônio; d) a disponibilidade de água potável; e) o esgotamento do solo; e f) o perigo dos resíduos tóxicos.

Portanto, os meios de produção de energia elétrica têm sido o tema gerador de nosso projeto que visa a produção de materiais didáticos computacionais para o ensino de Ciências [1]. Dessa forma, a partir dos possíveis impactos sociais e ambientais de tais meios de produção, estão sendo construídas atividades de simulação e de resolução de problemas que permitem ao usuário, por exemplo:

- Identificar as causas dos problemas simulados e as suas consequências;
- Propor possíveis soluções;
- Decidir sobre os procedimentos de emergência a serem tomados, a partir do estudo das legislações pertinentes;
- Estudar e analisar casos que permitam tomar providências no sentido de evitar possíveis impactos; e
- Escolher o meio de produção de

energia a ser ampliado em função do aumento da demanda no consumo.

Nesse projeto utiliza-se o conceito de *software* livre, com produtos desenvolvidos em linguagem Java e banco de dados MySQL. O primeiro produto desse projeto foi o *software* educativo *Carbópolis* [16]. Nesse *software*, através de uma estratégia pedagógica de resolução de problemas, abordou-se o problema ambiental da chuva ácida causada pela produção de energia elétrica por queima de carvão mineral; ele pode ser obtido em www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm.

O segundo produto deste projeto, o *software* educativo *Cidade do Átomo*, é descrito neste artigo, na próxima seção. Além disso, em uma outra seção, indicamos uma estratégia didática para a utilização deste *software*.

O *software* educativo *Cidade do Átomo*

A utilização da energia nuclear na produção de energia elétrica é um tema em constante debate. As opiniões encontradas nos meios de comunicação são contraditórias e, muitas vezes, controversas. Talvez, por isso, seja um assunto de contínuo interesse por parte de estudantes. Entretanto, as abordagens livrescas de ensino, muitas vezes, não parecem suficientes para qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse debate.

Nesta seção, apresenta-se o segundo produto do projeto mencionado na introdução, o *software* educativo *Cidade do Átomo*, que tem a produção de energia termonuclear como temática. O *software* utiliza a abordagem de resolução de problemas relacionados à proteção radiológica e permite desenvolver uma estratégia pedagógica de jogo de papéis para as discussões sobre a produção de energia elétrica através do uso da energia nuclear, visando qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse assunto. Esse *software* pode ser obtido em: www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm.

Rieber e Matzko entendem que os melhores projetos didáticos evocam a experiência do jogo, pois provocam a tendência natural da pessoa improvisar com certos problemas até eles serem resolvidos

Uma das formas de jogo utilizado em educação é a representação de papéis, onde alunos diferentes assumem os diversos papéis de um mesmo enredo, debatendo e defendendo as posições e os argumentos de seus personagens

O problema apresentado em Cidade do Átomo envolve um projeto de expansão da usina nuclear. O usuário do *software* é apresentado ao problema através do depoimento do personagem Demócrito Rutherford Fermi, prefeito da Cidade do Átomo. Nesse seu depoimento, ele relata que

(...)Em anos anteriores, começamos a ouvir falar de projetos de expansão da usina nuclear, com a construção de um novo reator, que triplicaria a produção e a oferta de energia elétrica em nossa região. Nós passaríamos a vender energia elétrica para outros estados e regiões, trazendo mais riqueza para nossa cidade e benefícios para nossa população.

Entretanto, nossa população se mantém receosa e inquieta em relação a essa usina. O problema agravou-se a partir do semestre passado, quando não foi realizada a manutenção preventiva dos equipamentos de segurança da usina, devido aos seus altos custos.

(...)

Depois de concluir suas tarefas, solicito que você, meu caro, preencha o Laudo de Inspeção de Usina Nuclear (LIUN) e, a seguir, escreva um texto em que apóie ou desaprove o projeto de ampliação da usina nuclear, justificando sua opinião.

A utilização do *software* envolve três tarefas, que podem ser realizadas de forma independente e na ordem que melhor convier ao usuário. No cumprimento dessas tarefas, o usuário tem a sua disposição, entre outras ferramentas: a) uma Biblioteca, que contém uma série de textos com conceitos básicos sobre, por exemplo, radiações, radioatividade e energia nuclear; b) uma Hemeroteca, que está junto à Biblioteca, e contém a cópia de notícias e reportagens encontradas em diversos jornais e revistas brasileiras nos últimos dez anos; e c) um bloco de notas, onde é possível escrever e armazenar as dúvidas ou as conclusões parciais sobre os assuntos que estão sendo estudados.

Primeira tarefa: Coleta e análise de amostras de água e de solo

No desenvolvimento das ativida-

des previstas no *software*, o usuário deve coletar amostras de solo e de água do mar que serão, posteriormente, analisadas para saber o teor de radiação presente nessas amostras. Para esse procedimento o usuário deve utilizar o mapa ilustrativo da região de Cidade do Átomo, que pode ser visto na Fig. 1.

Navegando com o cursor do *mouse* sobre o mapa ilustrativo, o usuário pode escolher a localização em que colocará o amostrador. Para colocar ou retirar um amostrador, deve-se utilizar o botão direito do *mouse*. Podem ser colocados no máximo 20 amostradores sobre o mapa ilustrativo. Depois de colocados os amostradores, é possível realizar a análise da radiação de fundo, junto ao módulo de Análise que pode ser acessado através do menu. Os valores de radiação associados às amostras serão mostrados em um outro fichário, chamado de Resultado das Análises. Esses valores podem, então, ser copiados para o bloco de notas.

Segunda tarefa: A inspeção radiológica na usina nuclear

Outra atividade relacionada ao *software* é uma navegação sobre a planta de uma usina nuclear, que é encontrada no fichário de nome Usina Termonuclear ou pode ser acessado através do mapa de Cidade do Átomo; para isso basta clicar com o botão direito sobre a imagem da usina. Essa atividade é realizada em uma tela que pode ser vista na Fig. 2.

Durante a navegação sobre a planta da usina, ao se passar o *mouse* sobre os diferentes ambientes da usina, são obtidos valores de dose de radiação recebida por um trabalhador, que estão indicados em uma barra abaixo do menu. Esses valores devem ser anotados para depois serem inseridos no Laudo de Inspeção e, também, devem ser confrontados com os valores de proteção radiológica que podem ser obtidos na Biblioteca.

Ainda faz parte dessa navegação uma pequena descrição dos vários ambientes que fazem parte de uma usina nuclear. À direita da planta consta uma legenda que indica esses ambientes. Clicando-se sobre o sublinhado, pode-se ver uma fotografia e se ler um pequeno texto que descreve o ambiente.

Terceira tarefa: Depoimentos de personagens como apoio à produção textual ou a atividades de jogo por representação de papéis

Como é indicado no texto de introdução ao *software*, ou seja, no depoimento do prefeito da Cidade do Átomo, o usuário deve se posicionar sobre uma possível ampliação da usina nuclear. Na última pergunta do Laudo de Inspeção existe um espaço para que o usuário escreva seu texto, que posteriormente pode ser avaliado, por exemplo, pelo(a) professor(a) que conduziu a atividade dos alunos.

As informações textuais, presentes na Biblioteca e na Hemeroteca, e as intensidades das radiações, obtidas com a inspeção radiológica na usina e com a análise de radiação de fundo em amostras de água e solos, podem ser utilizadas na confecção desse texto de conclusão do *software* educativo. Além disso, oferece-se ao usuário uma atividade em que ele pode verificar o depoimento de diversos personagens, moradores da Cidade do Átomo. Esses depoimentos podem ser obtidos através da navegação sobre a ilustração de uma praça da Cidade do Átomo, que se encontra no fichário Praça Cen-



Figura 1. Tela do *software* educativo Cidade do Átomo, contendo o cenário para a atividade de coleta e análise de amostras.



Figura 2. Tela do software educativo Cidade do Átomo em que se realiza a inspeção radiológica na usina nuclear.

central ou pode ser acessado através do mapa ilustrativo da região de Cidade do Átomo, bastando clicar com o botão direito do mouse sobre a figura da cidade. O cenário para acessar o depoimento dos personagens pode ser visto na Fig. 3.

Os depoimentos presentes nessa atividade são estereotipados e, muitas vezes, contraditórios. O objetivo é ilustrar as diferentes abordagens que podem ser dadas a um tema polêmico como a produção de energia nuclear. No total existem 11 depoimentos de personagens. Esses depoimentos foram extraídos de um webfórum promovido pelo ReporterTerra sobre o tema produção de energia termo-nuclear, à época de lançamento da Usina Angra 2 [17]. Dessa forma, os depoimentos dos personagens são transcrições de depoimentos escritos pelos participantes desse fórum. Na Fig. 3, as letras indicam alguns desses depoimentos:

A) *Não se pode desenvolver um país sem energia e a que se tem atualmente de forma mais viável é a energia nuclear. As hidroelétricas e a queima de carvão causam um tremendo impacto ambiental.*

B) *O homem, com suas idéias avançadas, aos poucos está cavando o seu próprio buraco.*

C) *A tecnologia que tem em nossas usinas nucleares deixa até países de primeiro mundo de boca aberta... Sou a favor, tem riscos, mas o que hoje em dia não é um risco?*

D) *Acho que esse tipo lixo atômico é orrível (sic) também (sic) para o meio*

ambiente porque no futuro se houver (sic) algum tipo de vazamento (sic) pode sim e com toda certeza (sic) prejudicar não só o meio ambiente mas a todos os seres vivos [depoimento de uma garotinha no fórum do Reporter Terra].
E) *Acho que não deveria existir energia através de usinas nucleares porque é como se fosse uma bomba pronta para explodir. Só não explode porque é controlada, mas se hou-*

ver algum vazamento como é que fica?

Esses depoimentos podem, portanto, ser utilizados pelo usuário para subsidiar a escrita de seu posicionamento sobre a energia nuclear e sobre o projeto de expansão da usina nuclear, conforme consta na última pergunta do Laudo de Inspeção.

Os jogos de representação de papéis

Os depoimentos dos personagens, que fazem parte da terceira tarefa que apresentamos, podem, também, ser utilizados para atividades de debates entre alunos sobre o tema produção de energia nuclear. É possível verificar que três personagens representados na Praça Central dizem não ter “opinião formada sobre o assunto”. Dessa forma, é possível solicitar aos alunos que fazem uso do software que desenvolvam, por exemplo, uma atividade de jogo de representação de papéis, com o objetivo de estipular a opinião desses personagens indecisos. Nesse caso, é interessante abordar, ainda que brevemente, alguns conceitos relacionados aos jogos de representação de papéis.

Conforme Blatner [18], a representação de papéis é um método para a exploração de assuntos em situações sociais complexas e polêmicas. Dessa forma, ela pode ser utilizada para o treinamento profissional (por exemplo, a formação de pilotos da aviação

civil ou treinamento de militares em jogos de guerra) ou em salas de aula para a compreensão de Literatura, História ou Ciência.

Em relação à aprendizagem conceitual, o artigo de Cronin-Jones [19] é de grande utilidade. A seguir, abordamos algumas recomendações dessa autora para o planejamento e desenvolvimento de atividades de representação de papéis.

Inicialmente, é necessário diferenciar as atividades por representação de papéis dos simples debates com finalidades educacionais. Essas estratégias são semelhantes, pois ambas podem priorizar um problema que ainda não foi resolvido pela sociedade, como, por exemplo, o aquecimento global, a poluição das águas, a engenharia genética, o desmatamento e o crescimento populacional. Nesse sentido, também, ambas as estratégias podem auxiliar os estudantes a praticar a comunicação verbal e a busca de informações. Porém, elas se diferenciam na amplitude dos vieses que são postos em discussão.

Os debates envolvem apenas dois grupos de estudantes, os que possuem opinião favorável ao tema em debate e aqueles que têm opinião contrária. Por exemplo, fazer um debate sobre energia nuclear, consistiria em perguntar aos alunos se eles são contra ou a favor a produção de energia nuclear e escrutinar seus motivos. Pode-se notar que essa abordagem é polarizada e pode favorecer pensamentos de tipo dualístico, no qual se acreditaria que para os assuntos em debate haveria apenas duas posições, uma sendo considerada certa e a outra errada.

Dessa maneira, diferente dos debates, as atividades de representação de

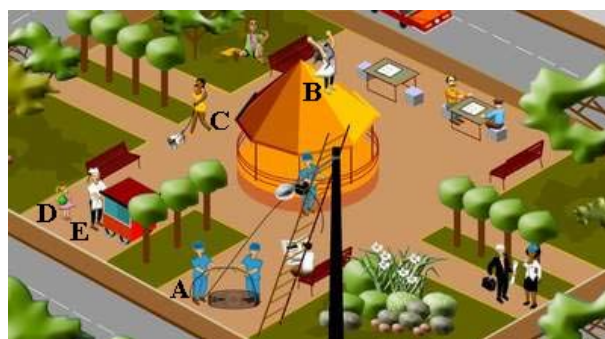


Figura 3. Ilustração da Praça Central de Cidade do Átomo.

papéis envolvem no mínimo quatro grupos de estudantes, com diferentes pontos de vista e perspectivas. Essas atividades são apoiadas por um cenário, que pode conter uma descrição real ou hipotética do assunto a ser abordado, do problema a ser resolvido ou evitado.

O cenário deve claramente descrever a temática em questão e identificar os personagens que estão envolvidos na representação de papéis. Os personagens podem ser poucos, como quatro ou cinco, reunindo grupos de estudantes, ou muitos, como um por estudantes.

No caso de Cidade do Átomo, o cenário envolve a discussão sobre a produção de energia elétrica através da utilização da energia nuclear. Na atividade de representação de papéis, os personagens poderiam, por exemplo, ser os mesmos que estão ilustrados na Praça Central: um ecologista, um religioso, uma dona de casa, um aposentado, um engenheiro, um trabalhador de empresa de energia elétrica ou um pipoqueiro.

Esses personagens podem ser definidos entre o professor que conduz a atividade e seus alunos. O próximo ponto é desenvolver orientações que sumarizem as questões-chave e os argumentos que poderão ser apresentados pelos personagens. Essa orientação pode incluir as seguintes questões:

1) Sua posição é favorável ou contrária ao assunto?

2) Que argumentos suportam sua posição?

3) Que outros indivíduos, grupos ou organizações você considera que concordam com sua posição?

4) Que outros indivíduos, grupos ou organizações você acredita que discordam de sua posição?

5) Quais são alguns argumentos contrários a sua posição?

6) Como você poderia responder a esses argumentos?

É necessário, também, escolher um formato para a apresentação dos posicionamentos dos personagens sobre o tema em discussão. As atividades de

representação de papéis podem ser desenvolvidas através dos seguintes formatos:

A) Um fórum aberto com um moderador, onde qualquer um que queira falar pode fazê-lo por determinado tempo, quando indicado pelo moderador;

B) Uma discussão em mesa-redonda, com um determinado tempo de fala para cada um dos oradores, seguido da confrontação entre posições antagônicas; e

C) Uma sala forense, com um juiz e um júri externo, onde as apresentações devem ser feitas com um tempo determinado para os argumentos de cada posição, algum tempo para exames e refutações e, por fim, um tempo para os argumentos de encerramento.

Por fim, as regras do jogo devem, também, ser acordadas entre alunos e professor de forma a descrever os procedimentos de votação das propostas que visem a resolver o assunto. Os votos podem ser individuais, por delegação ou feitos pelo júri externo. É necessário, ainda, tomar algumas decisões sobre a apuração desses votos para decidir a resolução a ser tomada pelos participantes do jogo. A resolução pode depender de maioria simples ou de uma maioria significativa, como por exemplo, de dois-terços dos votos.

Conclusão

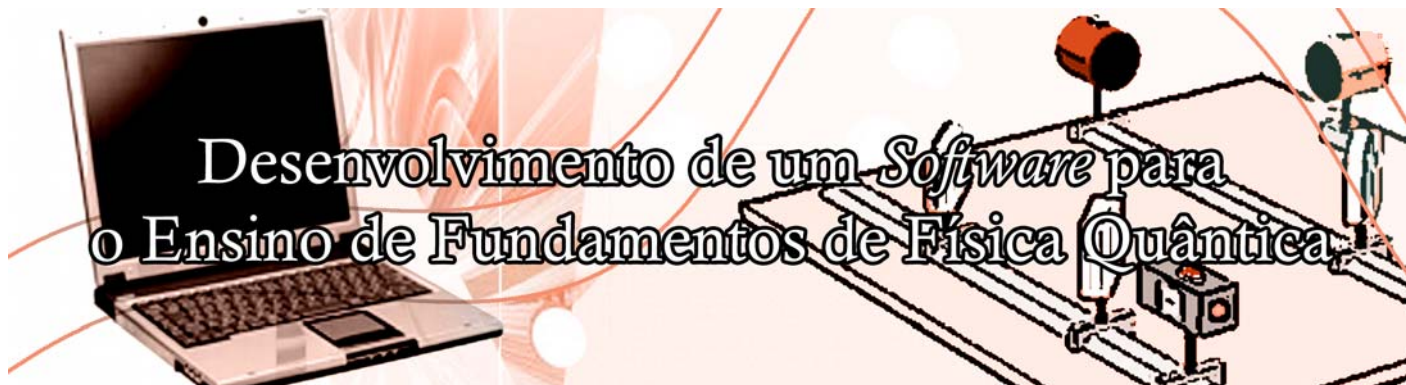
Neste artigo, fizemos uma breve revisão de algumas estratégias pedagógicas que podem ser utilizadas com computadores no ensino das ciências. Abordamos sucintamente, então, nosso projeto que visa o desenvolvimento de materiais didáticos computacionais sobre a produção de energia elétrica e seus impactos ambientais e sociais. A seguir, apresentamos o *software* Cidade do Átomo, o segundo produto desse projeto, e descrevemos a estratégia pedagógica de representação de papéis.

Segundo Cronin-Jones [19], os estudantes que participam em ativida-

des de representação de papéis percebem que, por exemplo, os problemas relacionados com a ciência e a tecnologia são, em geral, complexos e que não existem soluções simples para eles. Nesse sentido, procuramos incluir no *software* educativo Cidade do Átomo personagens e cenários que possam ser utilizados para o desenvolvimento desse tipo de atividade. Pretende-se, posteriormente, verificar como esse tipo de atividade é efetivamente utilizado em contexto escolar.

Referências

- [1] M.L. Eichler, M.R. Gonçalves, F.O.M. Silva, F. Junges e J.C. Del Pino, *Revista Novas Tecnologias na Educação* **1**(2), (2003).
- [2] D.W. Carraher, *Acesso* **2**(3), 32 (1990).
- [3] D.W. Carraher, *Acesso* **3**(5), 21 (1992).
- [4] L. Fagundes, L. Sato e D. Maçada, *Aprendizes do Futuro: As Inovações Começaram!* (SEED, MEC, Brasília, 1999).
- [5] X. Lin, J.D. Bransford, C.E. Hmelo, R.J. Kantor, D.T. Hickey, T. Secules, A.J. Petrosino e S.R. Goldman, *Educational Technology (Sep-Oct)*, 53 (1995).
- [6] B.G. Silverman *Computers & Education* **25**(3), 81 (1995).
- [7] R.M. Starr, *Educational Technology (May-June)*, 7 (1997).
- [8] D. Laurillard, *British Journal of Educational Technology* **23**, 164 (1992).
- [9] J.V. Farynaiarz e L.G. Lockwood, *Journal of Research in Science Education* **29**, 453 (1992).
- [10] L.P. Rieber e M.J. Matzko, *Educational Technology (Jan-Feb)*, 14 (2001).
- [11] J. Duveen e J. Solomon, *Journal of Research in Science Teaching* **31**, 575 (1994).
- [12] D.M. Whisnant, *Journal of Chemical Education* **69**, 42 (1992).
- [13] D.M. Whisnant, *Journal of Chemical Education* **61**, 627 (1984).
- [14] J.M. Carroll, *Interacting with Computers* **13**, 43 (2000).
- [15] J.K. Gilbert, *Enseñanza de las Ciencias* **13**(1), 15 (1995).
- [16] M.L. Eichler e J.C. Del Pino, *Química Nova na Escola* **11**, 10 (2000).
- [17] M.L. Eichler e J.C. Del Pino, *Química Nova na Escola* **15**, 24 (2002).
- [18] A. Blatner, *Role Playing in Education*, Versão de 2002, disponível em <http://www.blatner.com/adam/pdntbk/rplyedu.htm>. Acesso em 18/03/2005.
- [19] L. Cronin-Jones, *The Science Teacher* **67**(4), 48 (2000).



Desenvolvimento de um Software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica

.....
Fernanda Ostermann¹, Sandra D. Prado e Trieste dos S.F. Ricci
Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
.....

Introdução

Neste trabalho apresentamos um *software* livre do tipo “bancada virtual”, desenvolvido no âmbito de um projeto sobre tópicos de física moderna e contemporânea na formação de professores¹, que simula o fenômeno da interferência em um aparato denominado de interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ). Trata-se de um arranjo experimental análogo ao experimento das duas fendas, porém mais simples. Pode-se dizer que tal experimento é um dos mais cruciais para o entendimento de conceitos fundamentais em física quântica (FQ), pois revela o caráter quântico dos objetos microscópicos.

Esse aparato, inventado há cerca de 100 anos, vem sendo bastante explorado em experiências recentes de ensino dos fundamentos de FQ, além de aparecer com uma frequência crescente em artigos da área de ensino em Física por ser bastante apropriado em termos didáticos [1-5].

Embora a teoria ondulatória da luz descreva o padrão de franjas claras e escuras na experiência da fenda dupla de Young através da superposição coerente de ondas [6,7], a explicação do efeito fotoelétrico proposta por Einstein em 1905 supõe que a luz seja constituída por corpúsculos de luz indivisíveis (quanta), chamados fótons. Além disso, versões da experiência de Young feitas com feixes de elétrons, de nêutrons e, recentemente,

de moléculas de fulereno (C_{60}) exibiram o mesmo padrão de interferência que os fótons [5]. Como explicar o aparecimento das franjas de interferência quando se trabalha com corpúsculos como fótons, átomos e mesmo moléculas, em vez de ondas? Esse caráter dual ficou amplamente conhecido como dualidade onda-partícula. A luz é, talvez, o caso mais conhecido desse fenômeno. Somente a partir de 1980 foi alcançada a tecnologia que permitia trabalhar em regime monofotônico (um fóton emitido pela fonte de cada vez) em laboratórios avançados de Física [8]. Do ponto de vista do ensino de FQ, como se trata de um arranjo experimental muito sofisticado e de difícil reprodução em laboratórios didáticos, será praticamente impossível, por ora e pelos próximos anos, sua realização de forma não virtual. Neste caso, o desenvolvimento de um *software* para fins didáticos justifica-se plenamente [4].

O *software* do interferômetro aqui apresentado permite que se opere virtualmente com laser (regime clássico) e com fótons individuais (regime quântico), explorando os aspectos corpuscular e ondulatório revelados no arranjo experimental, através da introdução de detectores de fótons ou de filtros polaróides nos braços do aparelho ou de modificações no arranjo experimental (como colocar ou retirar o segundo semi-espelho, por exemplo).

Embora fortemente influenciados pelo trabalho de Müller e Wiesner [1]

A dificuldade para se trabalhar em um arranjo experimental de regime monofotônico justifica plenamente o desenvolvimento de um software onde esse aparato possa ser simulado

Alguns experimentos em mecânica quântica exigem um aparato experimental disponível apenas em modernos laboratórios. Assim, justifica-se plenamente a realização de experimentos virtuais como o tratado no presente artigo.

de Pessoa [2], buscamos desenvolver um simulador mais completo do interferômetro de Mach-Zehnder [2], além de proporcionar uma versão em português (além de em inglês e em espanhol) para facilitar sua utilização em cursos de formação de professores no Brasil e em escolas brasileiras de Ensino Médio.

O IMZ em regime clássico

O layout do IMZ apresentado na Fig. 1, operando no regime clássico, mostra que o aparelho é composto de dois espelhos semi-refletores ou semi-prateados (um primeiro semi-espelho próximo à fonte) e um segundo semi-espelho mais próximo dos anteparos. Esses espelhos são, comumente, chamados divisores de feixes, pois transmitem 50% da luz incidente e refletem os restantes 50%. Há também dois espelhos comuns, 100% refletores (um na parte superior do trilho mais à esquerda e o outro na parte inferior no trilho mais à direita) e dois anteparos (para regime monofotônico, é possível substituir os anteparos por detectores). As distâncias entre os espelhos podem ser ajustadas de acordo com o objetivo do experimento, mas os espelhos devem estar precisamente alinhados para que o ângulo de incidência do centro do feixe seja sempre de 45 graus em cada um. No caso do nosso *software*, um padrão de anéis circulares, mostrado nos anteparos da Fig. 1, é formado, devido à largura finita do feixe de luz laser, que pode ser devido à abertura circular da fonte ou ainda obtida com o uso de uma

lente. O adesivo na fonte ilustra as situações em que o uso do feixe estendido (com anteparos) e do feixe colimado (com o uso dos detectores 3 e 4 – observe mais adiante as Figs. 5 e 9) torna-se mais adequado didaticamente. Nesse *software*, optamos também por usar uma fonte polarizada na direção horizontal, por convenção. Vale a pena discutir o padrão de interferência em cada um dos anteparos, explicando por que no centro do primeiro (anteparo sobre o trilho mais à direita) ocorre interferência construtiva, enquanto que no centro do segundo ocorre destrutiva. O regime clássico é explicado com detalhes na Ref. [5].

Observando-se a Fig. 1 podemos ver que, na sua parte inferior, o *software* oferece três conjuntos de recursos: “instrumentos” (anteparos 1 e 2; detectores 1, 2, 3 e 4; espelho semi-refletor 2; filtros polaróides 1, 2 e 3), que podem ser colocados ou removidos²; “fonte” (laser, fótons únicos, ligar e desligar a fonte, reiniciar a simulação e, no caso de fótons únicos, a aceleração da emissão e/ou a modificação do número de fótons emitidos por segundo pela fonte) e “ponto de vista” (vista livre; vista superior e visualização dos feixes). Há também, no canto inferior direito, a possibilidade de se escolher entre três idiomas (por-

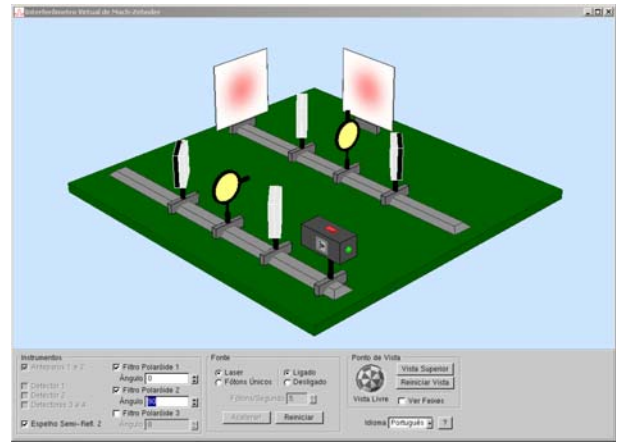


Figura 2: No IMZ clássico, com os polaróides cruzados, não ocorre o padrão de interferência.

tuguês, inglês e espanhol).

Outro recurso que pode ser explorado no regime clássico é a colocação de polaróides nos braços do aparelho, verificando o que ocorre com as intensidades nos anteparos ou se, dependendo da orientação dos eixos ópticos desses filtros, é possível destruir o padrão de interferência (Fig. 2). Nesse caso, o resultado clássico (da óptica ondulatória) nos diz que feixes de luz em direções ortogonais polarizados não interferem entre si [8-9], o que explica o resultado da simulação.

É possível retirar o segundo semi-espelho para verificar que, neste caso, o padrão de interferência também desaparece. Isto se deve ao fato de que no segundo semi-espelho é que há superposição dos feixes que inicialmente haviam sido separados pelo primeiro semi-espelho (Fig. 3).

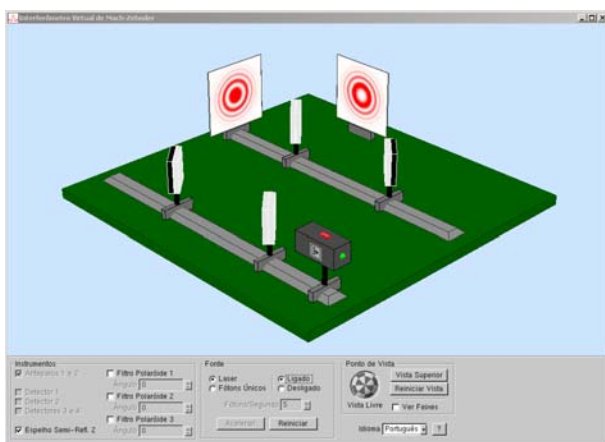


Figura 1: O IMZ operando em regime clássico (luz laser) e com os dois semi-espelhos presentes.

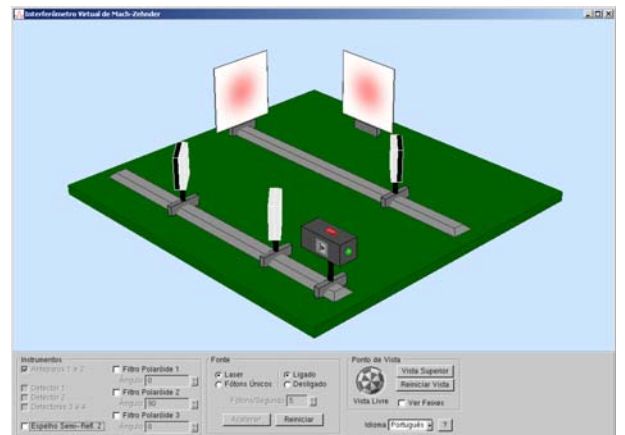


Figura 3: No regime clássico, com a retirada do segundo semi-espelho do arranjo experimental, verifica-se que o padrão de interferência é destruído.

O IMZ no regime quântico - Comportamento ondulatório

Para tornar a experiência da luz no IMZ um experimento quântico, é necessário diminuir a intensidade da fonte. No regime quântico, falamos em intensidade sem mais nos referir à amplitude do campo elétrico, mas sim à taxa de emissão de fótons pela fonte. Os resultados mais interessantes do ponto de vista da FQ emergem no limite da emissão de um fóton por vez - o regime monofotônico, pois quando um único fóton entra no IMZ devidamente alinhado, há detecção puntiforme (na tela, aparece um ponto para cada detecção) somente em certas posições sobre os anteparos. Para entender mais detalhadamente a interferência monofotônica, recomenda-se a leitura do artigo de Ostermann e Prado [5].

O processo de detecção do fóton no anteparo é sempre puntiforme, mas após a detecção de um número muito grande de fótons, um padrão de interferência se forma, como é ilustrado na Fig. 4 para o caso da simulação de 8772 fótons. Diferentemente da mecânica clássica, na qual a posição de detecção do fóton poderia ser, em princípio, pré-determinada se as condições iniciais fossem dadas, a FQ não permite nenhuma previsão em relação à posição de uma única detecção, oferecendo apenas uma previsão precisa para as estatísticas de muitas detecções de fótons identicamente preparados.

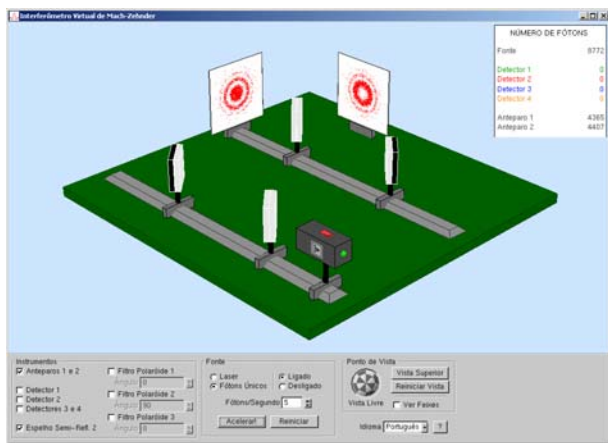


Figura 4: O IMZ operando no regime monofotônico (um fóton emitido de cada vez). Observa-se a formação do padrão de interferência no anteparo. Compare esse resultado com o da Fig. 1 (regime clássico).

Ao substituímos os dois anteparos por dois detectores (o que é possível se estamos em regime monofotônico), observa-se que o detector 3 sempre acusa a presença do fóton (interferência construtiva), enquanto o detector 4 nunca dispara (interferência destrutiva). Isso pode ser verificado por meio da luzinha do detector 3 (Fig. 5). Todos os 129 fótons, como indicados na Fig. 5, são detectados pelo detector 1 (201 disparos).

O IMZ no regime quântico - Comportamento corpuscular

Assim como no caso clássico, o padrão de interferência em regime quântico é destruído quando colocamos dois polaróides cruzados (Fig. 6) e um terceiro polaróide na saída do segundo semi-espelho com orientação igual ao primeiro (mais à esquerda no layout). Observe que, dos cerca de 15331 fótons que a fonte emitiu, apenas cerca de 3800 chegaram em cada anteparo. Isso pode ser explicado com base em que apenas os fótons com polarização igual ao polaróide (no caso, definida como 90°) chegaram aos anteparos.

Igualmente ao verificado para o caso clássico, o padrão de interferência

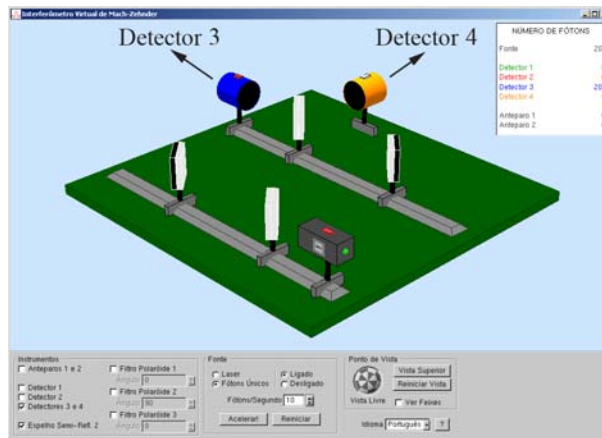


Figura 5: No IMZ quântico, o fenômeno ondulatório é verificado também com a substituição dos anteparos pelos detectores 3 e 4. O detector 3 acusa a presença do fóton (interferência construtiva) e o detector 4 nunca dispara (interferência destrutiva).

no regime quântico é destruído quando retiramos o segundo semi-espelho (Fig. 7). Também nesse caso, passamos a obter o comportamento corpuscular para o fóton. Na interpretação de Copenhagen [2, 5] diz-se que, se pudermos inferir por qual caminho rumou o fóton, seu comportamento será corpuscular. Observe que isso é exatamente o que ocorre na Fig. 7: o fóton que chega ao anteparo 1 (sobre o trilho), por exemplo, foi refletido no primeiro semi-espelho e seguiu pelo trilho mais à direita do layout.

A destruição do padrão de interferência e, conseqüentemente, a observação de comportamento corpuscular para o fóton, também pode ser obtida colocando-se um detector em um dos braços do aparelho e mantendo-se o segundo semi-espelho, como

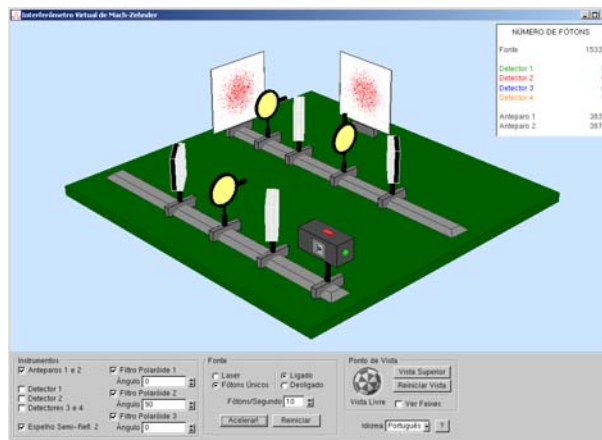


Figura 6: No IMZ monofotônico, ao introduzirmos polaróides cruzados, destruímos o padrão de interferência. Temos, então, o chamado comportamento corpuscular.

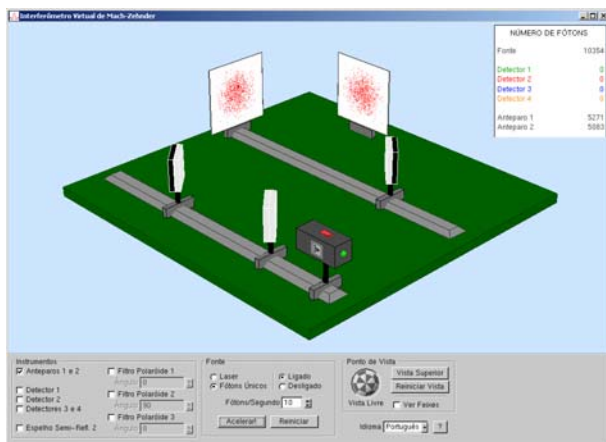


Figura 7: No IMZ quântico, a retirada do segundo semi-espelho faz com que o fóton manifeste um comportamento corpuscular.

mostra a Fig. 8. Uma interpretação seria novamente a idéia de que se sabe por que caminho rumou o fóton, ou seja, se ele chegou ao anteparo, é porque não seguiu pelo braço onde estava o detector (pois este o absorveria). Observe que, dos 8804 fótons emitidos pela fonte, a metade é absorvida pelo detector 1 e a outra metade se divide entre os dois anteparos.

Substituindo os dois anteparos pelos dois detectores e retirando-se o segundo semi-espelho (Fig. 9), o fenômeno passa a ser corpuscular novamente, ou seja, metade dos fótons é detectada no detector 3 e a outra metade detector 4. Novamente, é possível inferir o caminho do fóton neste caso. O que chegou ao detector 4, por exemplo, certamente foi transmitido pelo primeiro semi-espelho, seguindo pelo trilho mais à esquerda do layout. A figura mostra o disparo

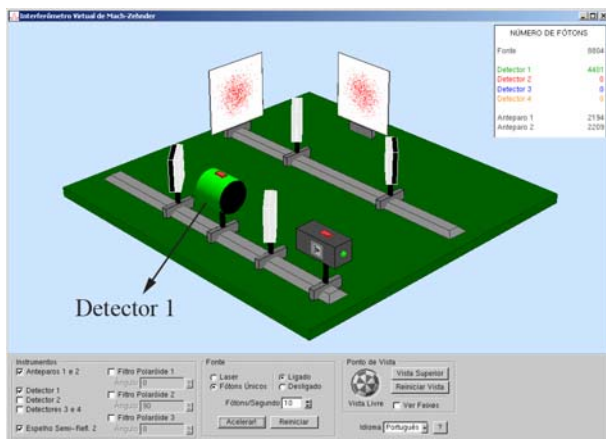


Figura 8: No IMZ quântico, com o arranjo completo, o comportamento corpuscular se manifesta ao colocarmos um detector em um dos braços.

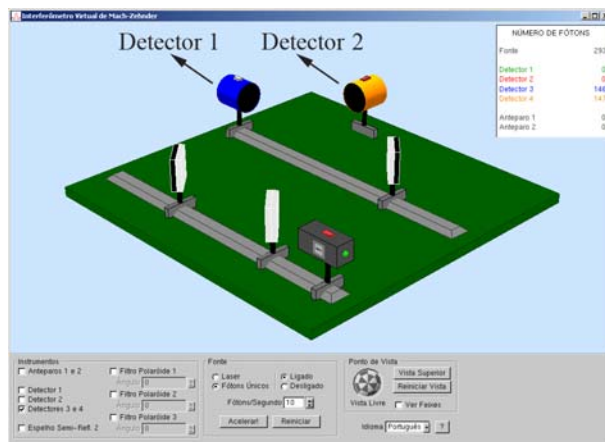


Figura 9: No IMZ quântico sem o segundo semi-espelho, o fenômeno é corpuscular. Ou seja, ambos os detectores (com 50% de chance para cada um) dispararam, acusando a presença do fóton.

ocorrendo também no detector 4 neste caso (50% de chance para cada um).

Considerações finais

Crece a cada dia a preocupação em se atualizar os currículos escolares de Física. No entanto, os recursos pedagógicos em nosso meio são escassos e a ênfase na formação de professores é bastante formal. Os livros didáticos de Física para o Ensino Médio editados no Brasil já começaram a introduzir elementos da FQ, mas ainda apresentam-se bastante presos à abordagem histórica de caráter meramente informativo. É preciso avançar em relação às abordagens tradicionais dos cursos de Licenciatura e de formação continuada, sinalizando possíveis transposições didáticas da FQ para o Ensino Médio que priorizem conceitos e o que há de mais fundamental na teoria.

Uma boa ferramenta, que merece ser mais investigada em sua potencialidade para o ensino de FQ, é o software do IMZ aqui apresentado. Em particular, seu uso em cursos de formação de professores, no Instituto de Física da UFRGS, tem se mostrado extremamente válido tanto em termos de motivação para estudos posteriores (mais formais) quanto em relação a uma visão mais conceitual da FQ.

Notas

Apoio parcial do CNPq.

¹Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fernanda>.

²No regime clássico (laser), os recursos que podem ser utilizados são os dois anteparos, o espelho semi-refletor 2 e três filtros polaróides. No regime quântico, todos os instrumentos podem ser utilizados.

Referências

- [1] R. Müller and H. Wiesner, *American Journal of Physics* 70, 200 (2002).
- [2] O Pessoa Jr., *Conceitos de Física Quântica* (Livraria da Física, São Paulo, 2003).
- [3] F. Ostermann e T.F. Ricci, *Ciência & Educação* 10, 235 (2004).
- [4] F. Ostermann e R.F. Ricci, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 22, 9 (2005).
- [5] F. Ostermann e S.D. Prado, *Revista Brasileira de Ensino de Física* 27, 193 (2005).
- [6] R. Eisberg e R. Resnick, *Física Quântica* (Editora Campus, Rio de Janeiro, 1994).
- [7] P.A. Tipler, *Física Moderna* (Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2001).
- [8] Para mais detalhes, ver os artigos de C.K. Hogg e L. Mandel, *Phys. Rev. Lett.* 56, 58 (1986) e o de P. Grangier, G. Roger e A. Aspect, *Europhysics Letters* 1, 173 (1986).
- [9] T.F. Ricci e F. Ostermann, in: *Uma introdução conceitual à mecânica quântica para professores do Ensino Médio* (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 14, Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, 2003).

Usando Frações Contínuas para Resolver um Problema de Eletricidade de Forma Criativa

.....
Divaldo P.F. Júnior
 Colégio Classe, Goiânia, GO
 e-mail: portilho_jr@yahoo.com.br

Fábio M.S. Lima
 Instituto de Física,
 Universidade de Brasília
 e-mail: fabio@fis.unb.br

A Física e a Matemática possuem uma forte relação de interdisciplinaridade em seus conteúdos, principalmente no Ensino Médio. Isso fica claro para o aluno desde o início, quando ele se defronta com os primeiros problemas de cinemática, tendo que calcular, tipicamente, espaços, velocidades e acelerações, o que requer conhecimentos matemáticos prévios, relacionados às funções de 1° e 2° grau e seus respectivos gráficos. Em seguida, no estudo da dinâmica, o conceito de vetor e as noções básicas de trigonometria (principalmente no cálculo de projeções) serão fundamentais para um bom aprendizado das leis de Newton. Na verdade, essa relação interdisciplinar será mantida ao longo de todo o Ensino Médio, de forma que cada novo tópico de Física vai, em geral, requerer o aprendizado de novos pré-requisitos matemáticos por parte do aluno. Dessa forma, fica claro que a ausência de alguns temas no currículo de Matemática pode prejudicar o aprendizado dos tópicos de Física a eles relacionados. Há casos, inclusive, em que o não conhecimento de determinados temas impossibilita os alunos de resolver problemas correlatos. Neste texto, vamos relatar um destes casos, o qual ocorreu recentemente conosco ao propormos um problema de eletricidade aos nossos alunos. Para nossa

surpresa, nenhum deles conseguiu chegar à resposta certa, o mesmo ocorrendo, posteriormente, com alguns colegas nossos, professores de Física de outras escolas. Após apresentar a resolução correta do problema e conversar com os alunos, constatamos que isto se deu por falta de conhecimento de um pré-requisito matemático que, de fato, raramente tem sido ensinado nas aulas de Matemática: as *frações contínuas*.

O problema em questão é um exercício de eletricidade envolvendo uma associação mista de resistores idênticos, cada um com resistência R , conforme ilustrado na Fig. 1. As reticências horizontais indicam que o número de sub-malhas quadradas (malhas menores envolvendo quatro resistores, um em cada lado do quadrado) é muito grande, podendo ser considerado como infinito. O exercício consiste em determinar a resistência equivalente entre os terminais do circuito (à esquerda da Fig. 1).

Antes de resolvê-lo, faremos uma breve introdução às frações contínuas, uma das mais importantes ferramentas em Análise Numérica, Teoria dos Números e Matemática Computacional [1]. Isso porque, apesar de ser conceitualmente simples, esse assunto não tem recebido o devido destaque nos livros-texto usualmente adotados no Ensino Médio.

O tema *frações contínuas* tem recebido pouca atenção por parte dos professores de Matemática do Ensino Médio, sendo que alguns nem sequer tocam neste assunto em suas aulas. Em consequência, a grande maioria dos alunos não consegue resolver problemas usando este importante "pré-requisito" matemático. Neste artigo, apresentamos um problema de eletricidade que foi considerado impossível pelos nossos alunos, e mesmo por alguns professores colegas nossos. Após uma breve introdução às frações contínuas, mostraremos como elas podem ser usadas para representar números irracionais, tipo $r + \sqrt{s}$, com r e s sendo números naturais. Usando a representação em frações contínuas desses irracionais, o problema proposto é, então, resolvido de forma simples e criativa.

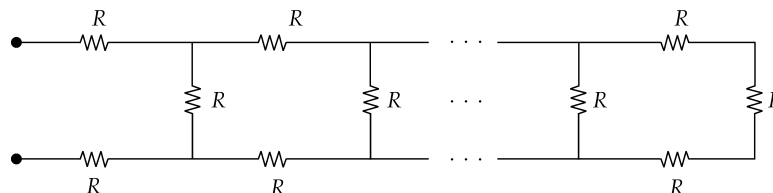


Figura 1. Associação mista de resistores. Observe que o circuito é formado por um número muito grande de sub-malhas quadradas.

Comecemos por verificar como podemos usar uma fração contínua para representar um número **racional**. Por definição, número racional é todo e qualquer número que pode ser escrito como uma razão p/q , onde p é um inteiro p e q é um natural ($q > 0$). Para obter a representação em fração contínua de um tal número, basta que se façam aplicações sucessivas do algoritmo de Euclides para a divisão de inteiros. Assim, fazemos $p = a_0q + r_0$, com $r_0 < q$, sendo únicos os inteiros a_0 e r_0 . Logo,

$$\frac{p}{q} = \frac{a_0q}{q} + \frac{r_0}{q} = a_0 + \frac{r_0}{q} = a_0 + \frac{1}{\frac{q}{r_0}}$$

Usando o mesmo raciocínio para a fração q/r_0 , teremos um único par de inteiros a_1 e r_1 tais que $q = a_1r_0 + r_1$, com $r_1 < r_0 < q$, o que nos leva a $\frac{q}{r_0} = a_1 + \frac{r_1}{r_0}$. Logo,

$$\frac{p}{q} = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{r_1}{r_0}} = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{\frac{r_0}{r_1}}}$$

Usando o mesmo tratamento para a fração r_0/r_1 , e assim sucessivamente, teremos:

$$\frac{p}{q} = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{\dots + \frac{1}{a_{n-1} + \frac{1}{a_n}}}}}$$

Isso mostra que todo número racional possui uma representação em fração contínua que lhe é equivalente. Os números a_i , com $i = 0, 1, \dots, n$, são chamados de **elementos** da fração contínua, os quais podem ser organizados na forma $[a_0; a_1, a_2, \dots, a_n]$ para representar a fração contínua na, assim chamada, **notação simplificada**. As propriedades dos números racionais permitem mostrar que todo número racional possui uma expansão em fração contínua com um **número finito de elementos** (ou seja, um número finito de somas e divisões), como pode ser visto em Moreira [2]. Por outro lado, os números irracionais requerem um **número infinito de elementos** para serem repre-

sentados em frações contínuas, isto é, a fração contínua será do tipo $[a_0; a_1, a_2, \dots]$, conforme mostrado por Moreira [2].

Estamos particularmente interessados em obter a fração contínua equivalente a um irracional do tipo $r + \sqrt{s}$, com r e s naturais e $s \neq m^2$ ($m \in \mathbb{N}$), assim como em obter o irracional $r + \sqrt{s}$ a partir da sua representação em fração contínua infinita.

Para tal, comecemos com uma tarefa mais simples, qual seja obter a fração contínua equivalente a \sqrt{n} para o caso em que n é um número natural ($n > 0$) porém $n \neq m^2$ ($m \in \mathbb{N}$), ou seja, um número irracional quadrático. Conforme discutido por Carneiro [3], isso pode ser feito seguindo-se um algoritmo bastante simples. Tomemos como exemplo o número $\sqrt{3}$. Observe que 3 pertence ao intervalo aberto (1, 4), cujos extremos são quadrados perfeitos. Assim, $1^2 < (\sqrt{3})^2 < 2^2$ e, conseqüentemente, $1 < \sqrt{3} < 2$. Portanto, $\sqrt{3}$ pode ser escrito na forma $1 + u$, onde u é algum número irracional positivo e menor que 1. Ou seja:

i) Existe um número $v > 1$ tal que $\sqrt{3} = 1 + \frac{1}{v}$. Logo $v = \frac{\sqrt{3}+1}{2}$, o que nos permite acrescentar que $v < 2$. Usando este fato, podemos escrevê-lo como $1 + \frac{1}{y}$, com $y > 1$. Assim, $\frac{\sqrt{3}+1}{2} = 1 + \frac{1}{y}$,

o que implica que $y = \sqrt{3} + 1$. Desta forma, $2 < y < 3$.

ii) Podemos escrever y como $2 + \frac{1}{z}$,

com $z > 1$, logo $\sqrt{3} + 1 = 2 + \frac{1}{z}$, o que implica em z ser igual a $\frac{\sqrt{3}+1}{2}$, que é o v do passo i), acima.

Note que este processo torna-se cíclico, indo do passo i) ao ii) e do ii) ao i), repetidamente. Isto fornece:

$$\sqrt{3} = 1 + \frac{1}{v} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{y}} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{z}}} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{1 + \frac{1}{y}}}}$$

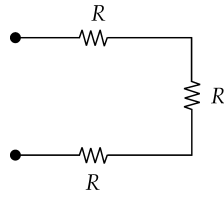
ou seja, $\sqrt{3} = [1; 1, 2, 1, 2, \dots]$, a qual é uma fração contínua infinita. Note que ela é também **periódica**, pois os elementos (com exceção de a_0) aparecem de forma repetida (neste exemplo, dois a dois). De fato, pode-se mostrar que todo irracional quadrático possui representação em fração contínua infinita, porém periódica [1]. Vejamos como esta seqüência converge para $\sqrt{3}$ analisando os valores numéricos dos quocientes parciais (também chamados de convergentes), na Tabela 1. No-

Tabela 1.

Elementos somados	Quocientes parciais	Valor numérico
1	1	1
2	$1 + \frac{1}{1}$	2
3	$1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}$	$\frac{5}{3} = 1,666\dots$
4	$1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{1}}}$	$\frac{7}{4} = 1,75$
5	$1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2}}}}$	$\frac{19}{11} = 1,727272\dots$
.	.	.
.	.	.
∞	[1; 1, 2, 1, 2, 1, 2, ...]	1,73205080...

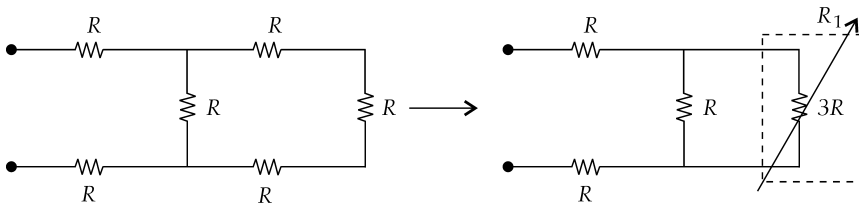
apresentado no n -ésimo passo. Assim:

1º passo:



$$R_1 = R + R + R = 3R.$$

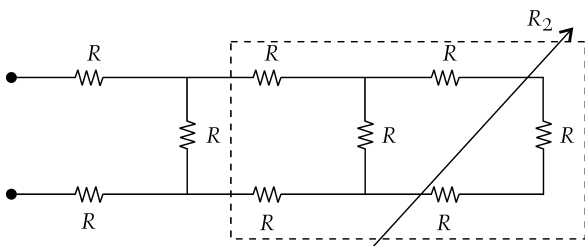
2º passo:



$$R_2 = R + R + \left(\frac{1}{1/R + 1/R_1} \right) =$$

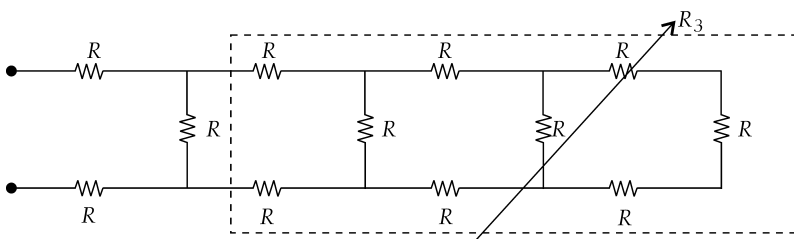
$$2R + \frac{1}{1/R + 1/R_1}$$

3º passo:



$$R_3 = R + R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}} = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}}, \text{ ou seja, } R_3 = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1}}}}$$

4º passo:



$$R_4 = R + R + \left(\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_3}} \right) = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_3}}, \text{ ou seja, } R_4 = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1}}}}}}$$

n -ésimo passo:

Observando o padrão recursivo dos passos anteriores, temos:

$$R_n = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{n-1}}}$$

Chamando de x o valor da resistência equivalente do circuito quando n tende ao infinito, temos que:

$$x = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \dots}}}}}$$

$$2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \dots}}}}} = x$$

logo $x = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{x}}$, o que nos leva a

$x^2 - 2Rx - 2R^2 = 0$, que é uma equação do 2º grau com duas raízes reais. São elas $x = R(1 \pm \sqrt{3})$. Obviamente, x não pode ser negativo, o que nos obriga a escolher $x = R(1 + \sqrt{3})$ como solução. Esta é a resistência equivalente desejada. Por fim, para escrever esta solução na forma de uma fração contínua, basta usar o resultado que obtivemos para $\sqrt{3}$ no início deste artigo, de modo que $(1 + \sqrt{3}) = [2; 1, 2, 1, 2, \dots]$, o que nos permite escrever:

$$x = R \cdot [2; 1, 2, 1, 2, \dots] = [2; \overline{1, 2}]R.$$

Referências

- [1] A. Ya. Khinchin, *Continued Fractions* (Dover Science, New York, 1997).
- [2] C.G. Moreira, *Eureka!* **3**, 43 (1998).
- [3] J.P.Q. Carneiro, *Revista do Professor de Matemática* **34**, 36 (1997).
- [4] N. Beskin, *Frações Contínuas* (Ed. Unijuí, Ijuí, 2001).
- [5] M.E.G. Alencar (Dona Fifi), *Física na Escola* **5**(2), 4 (2004).

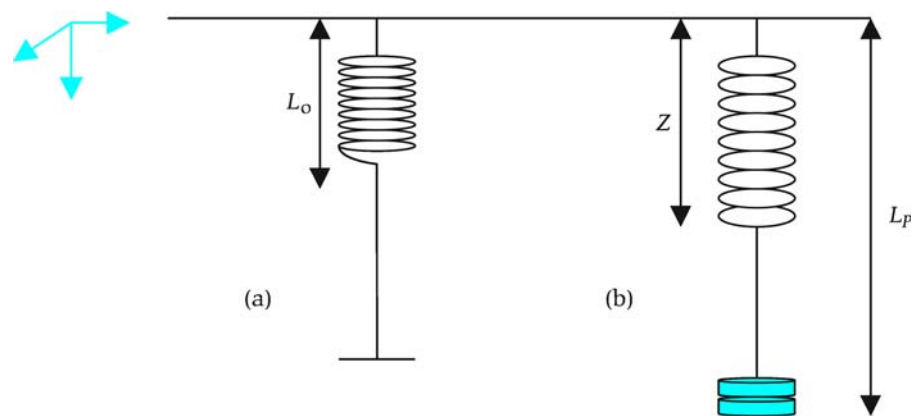


.....
Fernando Cachucho da Silva e
Paulo Batista Ramos
 e-mail: pbatista@fev.edu.br
 Fundação Educacional de Votuporanga

O sistema que investigaremos, conhecido como pêndulo elástico (veja Fig. 1), possui um comportamento bastante intrigante que exhibe uma riqueza muito grande de fenômenos raramente encontrada em sistemas tão simples.

Normalmente, em uma aula introdutória sobre movimento harmônico simples, um exemplo muito explorado é o de um sistema formado por um conjunto de pesos fixados em uma mola e que após uma perturbação inicial (alongação ou compressão vertical) começa a oscilar. Nesse caso, quando se coloca uma quantidade de pesos conveniente na mola, a oscilação se dá apenas na direção vertical e é causada pela elasticidade da mola que produz uma força restauradora. Quando o sistema é posto a oscilar, sua frequência natural de oscilação pode ser obtida sem maiores dificuldades. Infelizmente, pouco se chama a atenção, na maioria

dos livros-texto, sobre outros tipos de fenômenos que podem surgir (e frequentemente surgem mesmo!) sobre o tema em um laboratório didático de Física. Quando se varia a quantidade de pesos, podemos notar que o movimento de oscilação do sistema não permanece apenas na vertical. Além disso, para uma certa quantidade de pesos em particular, podemos notar que a oscilação da mola cessa por um breve instante de tempo e o sistema realiza um movimento típico de pêndulo. Pode-se também observar cuidadosamente a contínua troca de energia entre as oscilações verticais da mola e horizontais do pêndulo até que todo o sistema pára de oscilar. Na Tabela 1 mostramos os valores medidos para várias molas para os quais esta condição de ressonância é verificada. Para construir tal tabela, inicialmente determinamos os valores das constantes de elasticidade das molas consideradas, medindo a alongação da



Este artigo discute algumas características interessantes do chamado pêndulo elástico. Consideramos um regime, que pode ser obtido facilmente em um laboratório. À medida que se acrescenta pequenos pesos ao suporte, observou-se trocas de energias relativas aos movimentos de oscilação do tipo massa-mola na direção vertical e do tipo de pêndulo no plano. Realizamos algumas medidas simples que ilustram o fenômeno de ressonância.

Figura 1. Esquema do pêndulo elástico. Uma mola é fixada em um ponto e com a ajuda de um suporte, pesos são adicionados. Nos esquemas (a) e (b) são mostrados o comprimento da mola L_0 , a alongação Z que ocorre quando pesos são fixados na mola e o comprimento do pêndulo considerado L_p .

Tabela 1. Valores para molas onde a condição de ressonância é verificada.

L_0 (cm)	k (N/m)	M (g)	Z (cm)	L_p (cm)	$(f_o/f_p)^2 = kL_p/Mg$
4	17,8	116	9,3	24,6	3,9
5,5	95,1	567	10,0	23,6	4,0
5	43,4	268	11,0	24,4	4,0
6	72,6	405	10,6	22,2	4,1

Nas medidas acima, o suporte tem uma massa de 4 g e um comprimento de 14 cm. f_o e f_p representam as frequências naturais de oscilação do movimento do tipo massa-mola e do tipo de pêndulo, proporcionais a $(k/M)^{1/2}$ e $(g/L_p)^{1/2}$, respectivamente. Na última coluna são apresentados os valores aproximados de $(f_o/f_p)^2$. L_0 : comprimento da mola; k : constante de elasticidade; M : massa total; Z : distensão da mola e L_p : comprimento do pêndulo.

mola para várias massas fixadas a ela. Os valores da massa total do sistema, da distensão da mola e do comprimento do pêndulo apresentados na tabela são aqueles nos quais a troca de energia entre os movimentos de oscilação nas direções vertical e horizontal acontecem de maneira mais perceptível. É preciso comentar que para valores de massas próximos aos apresentados, o fenômeno também é parcialmente notado. Para valores muito afastados destes, tanto para cima como para baixo, outros tipos de comportamento são verificados. Para massas bem superiores às apresentadas, a frequência de oscilação diminui e todo movimento ocorre predominantemente na direção vertical. Para massas menores, a frequência aumenta mas o sistema não permanece oscilando apenas na direção vertical.

O sistema apresentado é extremamente sensível às condições iniciais. Na situação onde se pode observar de maneira mais nítida as trocas entre os movimentos de oscilação do tipo massa-mola na direção vertical z e do tipo de pêndulo no plano $x-y$, consideramos que o sistema era solto na vertical, a partir de uma elongação da mola z aproximadamente igual ao dobro do comprimento da mola L_0 , ou ainda quando não havia elongação alguma da mola, ou seja, quando z era igual ao próprio comprimento da mola. Nesta situação, o sistema oscilava e após algum tempo realizava o movimento de pêndulo simples no plano $x-y$ e depois retornava a oscilação do tipo massa-mola na vertical. Tais trocas de energia acontecem sucessivamente até todo o movimento

se extinguir.

Outro aspecto interessante a ressaltar é a obtenção de modos nos quais não ocorre esta troca de energia. Neste caso, a partir de uma condição inicial bem definida, estes modos podem ser obtidos e se apresentam praticamente estáveis. Na Fig. 2, ilustramos estes dois modos. O modo A pode ser obtido a partir de deslocamento do sistema da vertical com uma certa elongação da mola. Neste caso, podemos constatar que definindo as variáveis r e θ associadas ao movimento do tipo oscilador harmônico (massa-mola) e do tipo pêndulo, os dois movimentos se dão em fase. Ou seja, quando a elongação da mola é mínima o ângulo θ em relação a vertical também o é, e da mesma forma quando a elongação da mola é máxima, o sistema também se desvia o máximo da vertical. No modo B, as oscilações se dão fora de fase. Quando a elongação da mola é mínima (má-

xima) o desvio da vertical é máximo (mínimo).

Como já afirmamos, o sistema é altamente sensível às condições iniciais, revelando movimentos difíceis de serem descritos de forma simples na maior parte das vezes. Nas condições especificadas na Tabela 1, e com as condições iniciais a fim de obter os modos A e B, é possível realizar medidas aproximadas das frequências de oscilação dos dois modos. Considerando agora a situação inicial, onde o sistema é posto a oscilar na vertical com amplitude mínima, observamos sucessivas trocas de energia entre os movimentos do tipo pêndulo e do tipo massa-mola. A frequência com que ocorre esta troca de energia é aproximadamente igual a diferença entre as frequências dos modos A e B: $f_A - f_B$. Neste caso, o sistema se comporta aproximadamente de maneira análoga ao comportamento de um sistema de dois osciladores harmônicos acoplados. Na Fig. 3 são apresentados os gráficos resultantes do comportamento da elongação da mola r e do ângulo θ em relação à vertical para alguns valores medidos. Realizamos pequenos filmes dos movimentos encontrados nos modos A e B, e da situação representada pela Fig. 3, onde ocorre a troca de energia entre os movimentos de pêndulo e massa-mola¹. Um excelente exercício de investigação é comparar o movimento do sistema neste último filme com o mapeamento realizado a partir

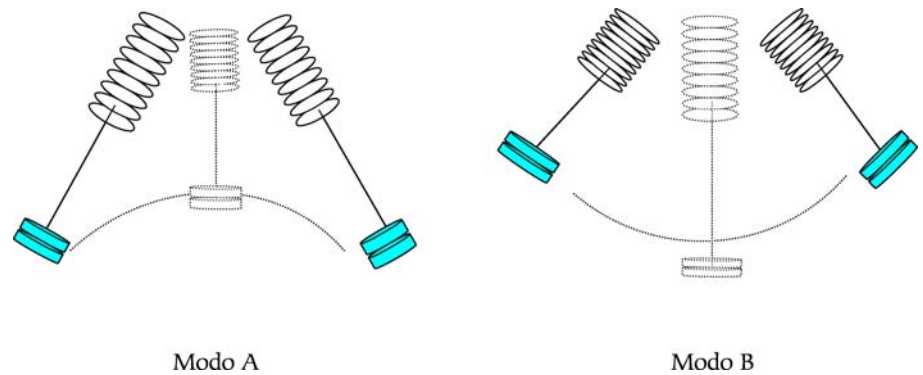


Figura 2. Modos normais de oscilação A e B. O modo A realiza um movimento pulsante no plano $x-y$ e é obtido a partir da condição inicial onde a distensão da mola é máxima e o sistema posto a oscilar fora do eixo vertical, enquanto o modo B realiza um movimento do tipo pêndulo no plano $x-y$ e é obtido a partir de uma distensão mínima da mola quando o sistema é posto a oscilar fora do eixo vertical.

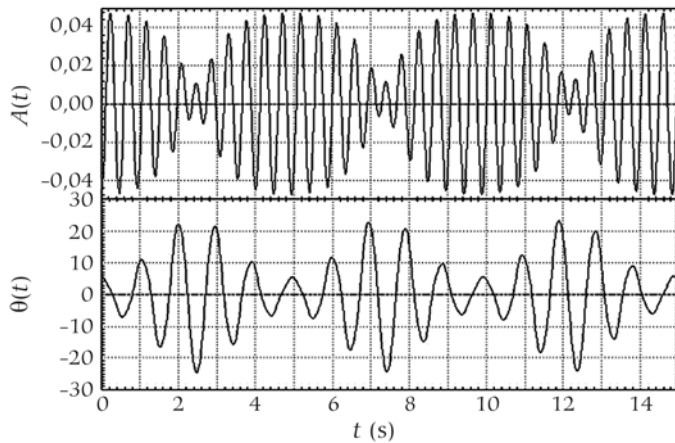


Figura 3. Comportamento da elongação da mola e do deslocamento angular do pêndulo elástico quando solto da vertical. Inicialmente o pêndulo foi solto na vertical com a mola comprimida. Nesta situação, realizamos as medidas para a mola de constante elástica $k = 73 \text{ N/m}$. Os modos de oscilação A e B, tiveram frequências medidas de aproximadamente 1,2 Hz (18 oscilações em 15 s filmados) e 1,0 Hz (15 oscilações em 15 s filmados), respectivamente.

das medidas descritas na Fig. 3. É possível notar que nos 15 s filmados ocorrem três trocas de energia perce-

bidas pelos deslocamentos angulares máximos observados aproximadamente em 3 s, 8 s e 12 s. Nos tempos

aproximadamente de 5 s, 10 s e 15 s, o sistema retoma sua oscilação na direção vertical. Na situação analisada, as oscilações do tipo massa-mola acontecem com uma frequência aproximadamente duas vezes maior que as oscilações do tipo pêndulo.

Diante da riqueza e da beleza dos fenômenos que surgem neste experimento tão simples, acreditamos que este possa ser trabalhado de uma maneira extremamente motivadora e desafiadora com estudantes em diferentes níveis de aprendizado².

Nota

¹Estes filmes podem ser encontrados no sítio www.unifev.edu.br/fisica na sala de experimentos de oscilações e ondas.

²No sítio http://www.maths.tcd.ie/~plynch/SwingingSpring/SS_Home_Page.html há uma lista de referências sobre o tema e experiências virtuais.

Semana Nacional de Ciência e Tecnologia

16 a 23 de outubro de 2006

Criatividade
& Inovação

Vídeos e filmes científicos | Festivais e feiras de ciência | Oficinas, palestras e cursos de extensão | Exposições de ciência e tecnologia | Atividades de cultura, ciência e arte | Planetários e observações astronômicas | Cientistas nas escolas e debates públicos | Trem, barco da ciência e excursões científicas | Programação especial em jornais, rádios e TV's | Portas abertas em instituições de pesquisa e universidades

www.mct.gov.br
<http://semanact2006.mct.gov.br>
 (61) 3317.7826 • (21) 2555.0736

Coordenação
 Ministério da
 Ciência e Tecnologia



Notas da HISTÓRIA DA FÍSICA no Brasil

Minas Gerais e a História do Ferromagnetismo

Alguns materiais quando submetidos à ação de um campo magnético externo adquirem uma magnetização paralela ao campo e cuja intensidade é proporcional ao à magnitude deste. São chamados paramagnéticos. Por outro lado, os corpos que exibem uma magnetização elevada mesmo na ausência de campo magnético externo são chamados ferromagnéticos. Em sua dissertação de doutorado (1896), Pierre Weiss (1865-1940) contestou o conceito, muito bem estabelecido na época e comprovado por fatos experimentais, de que a magnetização em cristais era sempre proporcional e na direção do campo aplicado. Esta descoberta foi feita durante os estudos da magnetita (óxido de ferro, a mais famosa pedreira) ao mostrar que, embora a magnetita se cristalice na forma cúbica, possui uma magnetização que, geralmente, não está na direção do campo. A anisotropia e o ferromagnetismo da magnetita em comparação com a isotropia dos materiais paramagnéticos, levaram Weiss a tentar relacionar a estrutura cristalina com as propriedades magnéticas. Convencido da importância do estudo de magnetismo em cristais, Weiss começou a estudar a pirita magnética (sulfeto de ferro - Fe_7S_8).

Em 1898, Pierre Weiss apresentou suas pesquisas iniciais neste novo material. As amostras foram extraídas de Morro Velho (MG) e cedidas por Joaquim Cândido da Costa Sena

(1852-1919), professor interino de Física e Química e depois professor permanente de Mineralogia e Geologia da Escola de Minas de Ouro Preto, tendo sido diretor da Escola até sua morte.

Os cristais foram obtidos por Charles Friedel, um químico e professor de mineralogia de Paris, que



Costa Sena (1852-1919)

mantendo fortes laços com Marie Curie, Paul Langevin e Weiss, se dispôs a procurar amostras cristalinas em uma região rica em minérios como Minas Gerais. De importância fundamental para o desenvolvimento da área foi a escolha desses cristais por sua qualidade bem superior quando comparada com os de outros locais. Weiss trabalhou com amostras recebidas de New Jersey e de Bodenmais e descartou outras amostras da região do Tirol e da Noruega, mas segundo ele: "Os melhores cristais para os estudos magnéticos vieram de Morro Velho no Brasil; em geral têm uma aparência perfeitamente homogênea por uma distância de vários centímetros. Eles não sofrem clivagem. Sua quebra concoidal tem o aspecto de um belo bronze fundido." Esta circunstância tem uma importância relevante na história do ferromagnetismo e, tanto quanto sei, não mereceu atenção dos físicos brasileiros.

Weiss verificou que, ao colocar um ímã em frente de um pedaço de pirita, não existia atração se o plano da face fosse perpendicular às linhas de campo magnético. Por outro lado,

a atração era enorme quando as linhas de campo estavam no plano da face. E concluiu: "Existe, então, uma direção em que a magnetização é impossível, e somos levados imediatamente a uma generalização admitindo que o material somente pode ser magnetizado no plano perpendicular a essa direção, que chamaremos plano magnético". Neste plano, Weiss em 1907, postulava a existência do campo molecular formado por pequenas "agulhas magnetizadas", arranjadas em linhas paralelas na direção da magnetização fácil. A teoria do ferromagnetismo estabelece que, quando aplicamos um campo magnético intenso, os chamados momentos magnéticos se ordenam de modo paralelo e em um mesmo sentido formando os microscópicos domínios. A magnetização que resulta da soma vetorial dos momentos persiste então mesmo após o campo externo ser removido.

Nosso personagem nasceu em Conceição do Serro, Minas Gerais, em 13 de agosto de 1852. Graduou-se em Engenharia de Minas em 1880 pela Escola de Minas de Ouro Preto, onde, além do cargo de diretor, exerceu a docência de diversas disciplinas. Era membro de mais de 25 sociedades científicas européias. Pertenceu ao núcleo fundador da Sociedade Brasileira de Ciências, atual Academia Brasileira de Ciências. Foi comissário geral do Brasil na exposição de Turim, organizando coleções de minerais brasileiros para várias exposições na Europa. Foi agraciado com inúmeras honrarias e membro de várias instituições científicas e culturais. Eleito vice-presidente de Minas Gerais (1892-1902), com a morte do titular, assumiu o cargo no último ano do quadriênio. Escreveu inúmeros trabalhos científicos nas áreas da Geologia e Mineração, em particular "Voyage d'études métallurgiques au center de la province de Minas", de 1881. Faleceu em Belo Horizonte, em 26 de junho de 1919, quando ainda ocupava o cargo de diretor e professor da Escola de Minas. Em sua homenagem, foi designado de *senaita*, um mineral de ferro-titanato de chumbo muito difundido nas areias de Diamantina.

Assim como o Ceará se orgulha de ter emprestado seu céu para a comprovação do desvio da luz pelo Sol prevista pela teoria da relatividade geral, também Minas Gerais contribuiu de modo fortuito para o

desenvolvimento do ferromagnetismo pela altíssima qualidade de seus minerais.

Nelson Studart
Departamento de Física,
Universidade Federal de S. Carlos

Para a história do magnetismo, ver o artigo de S.T. Keith and P. Quédec, "Magnetism and Magnetic Materials", in *Out of the Crystal Maze*, L. Hoddeson, E. Braun, J. Teichmann and S. Weart (orgs), Oxford, Nova York (1992). Sobre o magnetismo no Brasil, ver Sérgio M. Resende, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 293 (2000).



Bic: Um Ludião que Funciona

Quando o assunto densidade é abordado no Ensino Fundamental ou no Ensino Médio, uma das correlações que podem ser feitas pelo professor consiste em discutir o funcionamento dos submarinos, no que tange ao seu mecanismo de afundar ou flutuar, comandado respectivamente pelo enchimento e pelo esvaziamento de seus tanques de lastro. Com o auxílio de um ludião pode-se ilustrar experimentalmente como isto acontece.

Embora a montagem de um ludião geralmente seja simples e existam várias sugestões de construção, eles nem sempre funcionam a contento, frustrando alunos e professores. Aqui propomos uma montagem que utiliza o corpo de uma caneta esferográfica BIC e dois cliques para ajustar a sua flutuabilidade e verticalidade (Fig. 1). O conjunto funciona dentro de uma embalagem PET transparente, com capacidade para dois litros, completamente cheia de água e com a tampa fechada.

Além da facilidade de montagem e certeza de funcionamento, este ludião tem outra interessante característica didática: permite visualizar o que ocorre em seu interior.

Montagem experimental

Do corpo da caneta deve-se retirar o conjunto (tubo + ponta) que contém a tinta. O orifício lateral ("respiro") deve ser vedado usando fita adesiva. A tampinha que veda a parte superior deve ser mantida. Em seguida, encaixa-se na

extremidade aberta do tubo dois cliques, de modo que o conjunto flutue quando colocado no interior da garrafa com água.

Temos verificado que a utilização de um clipe número dois (2/0) e outro número três (3/0), possibilita o funcionamento controlável do ludião, sem que seja necessário apertar a embalagem com força de grande intensidade.

Empregando-se dois cliques número três, a sensibilidade do conjunto aumenta bastante, necessitando-se de uma força de menor intensidade para que o ludião se movimente. Esta é a montagem mais adequada quando os alunos são crianças.

Execução da demonstração

Pelo fato da embalagem PET ser deformável, quando ela é pressionada com as mãos a pressão adicional exercida distribui-se pelo líquido todo (Princípio de Pascal) e também afeta o volume de ar contido no ludião que flutua dentro dela, uma vez que sua parte inferior não é vedada.

Apertando-se a garrafa cheia de água, a pressão adicional "empurra" um pouco da água para dentro do ludião, diminuindo o volume da bo-

lha de ar existente no seu interior. Este fato é perfeitamente observável durante a operação.

A água que penetra no ludião funciona como o lastro do submarino, aumentando seu peso total e fazendo que ele afunde.

O ludião começa a afundar quando a sua densidade média torna-se um pouco maior do que a da água. Isto ocorre porque a água que penetrou no ludião aumenta sua massa, mas não interfere em seu volume externo.

O controle da água que penetra no ludião é feito por meio da pressão que se faz na embalagem. Controlando a pressão aplicada, a densidade média do ludião pode tornar-se maior, menor ou igual que a da água, possibilitando que ele desça, suba ou se mantenha nivelado em qualquer profundidade

Conclusão

A montagem proposta funciona muito bem e é suficientemente simples para ser usada no tempo de duração de uma aula tradicional. Ela permite discutir a influência da densidade do meio de imersão e dos materiais constituintes dos corpos na sua flutuabilidade e também explorar o conceito de empuxo (Princípio de Arquimedes).

Jorge Roberto Pimentel
Departamento de Física,
Universidade Estadual Paulista,
Rio Claro

Paulo Yamamura
Fundunesp,
Universidade Estadual Paulista, São Paulo

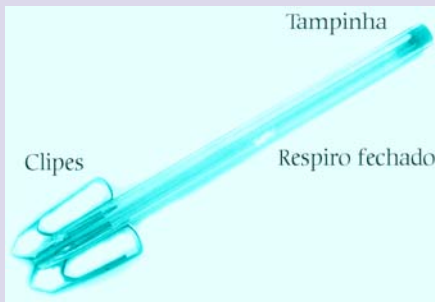


Figura 1: O ludião BIC.

Assim como o Ceará se orgulha de ter emprestado seu céu para a comprovação do desvio da luz pelo Sol prevista pela teoria da relatividade geral, também Minas Gerais contribuiu de modo fortuito para o

desenvolvimento do ferromagnetismo pela altíssima qualidade de seus minerais.

Nelson Studart
Departamento de Física,
Universidade Federal de S. Carlos

Para a história do magnetismo, ver o artigo de S.T. Keith and P. Quédec, "Magnetism and Magnetic Materials", in *Out of the Crystal Maze*, L. Hoddeson, E. Braun, J. Teichmann and S. Weart (orgs), Oxford, Nova York (1992). Sobre o magnetismo no Brasil, ver Sérgio M. Resende, Revista Brasileira de Ensino de Física **22**, 293 (2000).



Bic: Um Ludião que Funciona

Quando o assunto densidade é abordado no Ensino Fundamental ou no Ensino Médio, uma das correlações que podem ser feitas pelo professor consiste em discutir o funcionamento dos submarinos, no que tange ao seu mecanismo de afundar ou flutuar, comandado respectivamente pelo enchimento e pelo esvaziamento de seus tanques de lastro. Com o auxílio de um ludião pode-se ilustrar experimentalmente como isto acontece.

Embora a montagem de um ludião geralmente seja simples e existam várias sugestões de construção, eles nem sempre funcionam a contento, frustrando alunos e professores. Aqui propomos uma montagem que utiliza o corpo de uma caneta esferográfica BIC e dois cliques para ajustar a sua flutuabilidade e verticalidade (Fig. 1). O conjunto funciona dentro de uma embalagem PET transparente, com capacidade para dois litros, completamente cheia de água e com a tampa fechada.

Além da facilidade de montagem e certeza de funcionamento, este ludião tem outra interessante característica didática: permite visualizar o que ocorre em seu interior.

Montagem experimental

Do corpo da caneta deve-se retirar o conjunto (tubo + ponta) que contém a tinta. O orifício lateral ("respiro") deve ser vedado usando fita adesiva. A tampinha que veda a parte superior deve ser mantida. Em seguida, encaixa-se na

extremidade aberta do tubo dois cliques, de modo que o conjunto flutue quando colocado no interior da garrafa com água.

Temos verificado que a utilização de um clipe número dois (2/0) e outro número três (3/0), possibilita o funcionamento controlável do ludião, sem que seja necessário apertar a embalagem com força de grande intensidade.

Empregando-se dois cliques número três, a sensibilidade do conjunto aumenta bastante, necessitando-se de uma força de menor intensidade para que o ludião se movimente. Esta é a montagem mais adequada quando os alunos são crianças.

Execução da demonstração

Pelo fato da embalagem PET ser deformável, quando ela é pressionada com as mãos a pressão adicional exercida distribui-se pelo líquido todo (Princípio de Pascal) e também afeta o volume de ar contido no ludião que flutua dentro dela, uma vez que sua parte inferior não é vedada.

Apertando-se a garrafa cheia de água, a pressão adicional "empurra" um pouco da água para dentro do ludião, diminuindo o volume da bo-

lha de ar existente no seu interior. Este fato é perfeitamente observável durante a operação.

A água que penetra no ludião funciona como o lastro do submarino, aumentando seu peso total e fazendo que ele afunde.

O ludião começa a afundar quando a sua densidade média torna-se um pouco maior do que a da água. Isto ocorre porque a água que penetrou no ludião aumenta sua massa, mas não interfere em seu volume externo.

O controle da água que penetra no ludião é feito por meio da pressão que se faz na embalagem. Controlando a pressão aplicada, a densidade média do ludião pode tornar-se maior, menor ou igual que a da água, possibilitando que ele desça, suba ou se mantenha nivelado em qualquer profundidade

Conclusão

A montagem proposta funciona muito bem e é suficientemente simples para ser usada no tempo de duração de uma aula tradicional. Ela permite discutir a influência da densidade do meio de imersão e dos materiais constituintes dos corpos na sua flutuabilidade e também explorar o conceito de empuxo (Princípio de Arquimedes).

Jorge Roberto Pimentel
Departamento de Física,
Universidade Estadual Paulista,
Rio Claro

Paulo Yamamura
Fundunesp,
Universidade Estadual Paulista, São Paulo

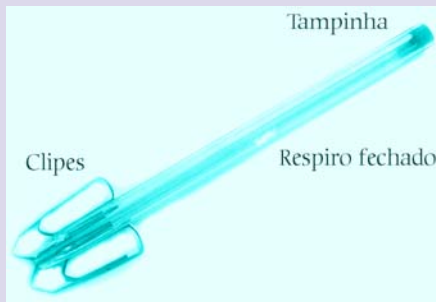


Figura 1: O ludião BIC.

Clipião: Um pião feito com clipe de papel

A invenção do clipe é atribuída ao norueguês Johan Vaaler, que patenteou a idéia em 1899. Por sua versatilidade e simplicidade é considerada por muitos uma das invenções mais geniais da história. Se ele realmente merece estar ou não nesta lista é difícil dizer, mas uma coisa é fato: suas aplicações vão muito além de segurar papel. Mas dificilmente Vaaler imaginou que Física poderia ser ensinada com a ajuda de sua invenção...

O objetivo deste artigo é apresentar um pequeno pião construído a partir do arame de um clipe de papel. Com ele é possível fazer uma demonstração prática de conceitos de equilíbrio e centro de massa com um custo bastante acessível.

A idéia do clipião surgiu com um artigo do professor japonês de matemática Takao Sakai [1]. A partir do desenho proposto por ele montamos um pião apenas dobrando o arame de um clipe (sem cortar, soldar ou colar), mostrado na Fig. 1.

Construindo seu clipião

Antes de tudo escolha qual clipe você irá utilizar. O seu tamanho e a espessura do arame não influenciam no funcionamento do clipião, contanto que as instruções sejam devidamente observadas. Não recomendamos o uso de cliques coloridos, pois seu arame é muito fino podendo quebrar-se muito facilmente, dificultando a confecção. Apenas se for dobrado com cuidado dará certo, por isso recomendamos que você o utilize depois que já tiver prática.

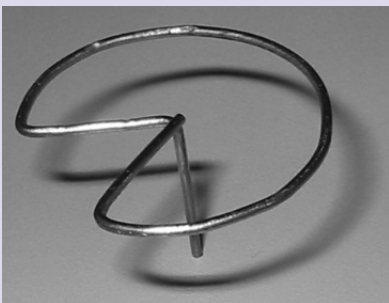
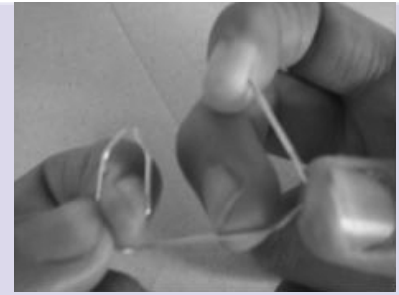


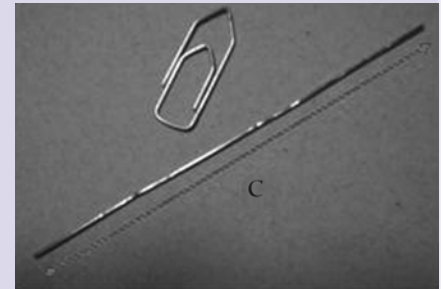
Figura 1. Um clipião.

Além do clipe você irá precisar de um alicate de bico, uma lapiseira (com grafite 0,3 ou 0,5 mm) ou lápis de ponta bem fina, um esquadro, um compasso, um transferidor (tanto faz se for de 180 ou 360°), uma folha de sulfite branco, uma régua e uma lixa (de unha, caso não haja outra disponível). A Fig. 2 mostra o material que utilizamos, servindo como exemplo.

Antes de mais nada precisamos desdobrar o clipe conforme mostrado na Fig. 3a, deixando-o como na Fig. 3b. Neste momento, com o arame esticado, use uma régua para obter seu comprimento total, que chamaremos de C (mostrado na figura). Em função deste valor vamos determinar todas as outras medidas do clipião, lembrando que as únicas alterações que serão feitas no arame são dobras. Das Figs. 1 e 4 vemos que falta um arco de circunferência na parte de cima com um ângulo que chamaremos de β . O valor deste ângulo precisou ser cuidadosamente calculado para que o centro de massa permanecesse na haste central, sobre a qual ele gira, permitindo que o clipião gire de modo estável. Supondo constante a densidade do arame do clipe, obtivemos o ângulo ideal $\beta = 53,13^\circ$, equivalente a aproximadamente $0,927 \text{ rad}$ ($53,13\pi/180 \text{ rad}$). Chamando R o raio da circunferência formada na parte de cima, L o comprimento da haste central (Fig. 4) sobre a qual ele gira, temos, geometri-



(a)



(b)

Figura 3. Preparando o clipe.

tricamente, a seguinte relação para o comprimento total C do arame (β em radianos):

$$C = L + 2R + (2\pi - \beta)R. \quad (1)$$

Resolvendo a Eq. 1 para R , temos:

$$R = \frac{C - L}{2\pi - \beta + 2}. \quad (2)$$

Escolhendo um valor adequado para L (por volta de 2 cm), e utilizando $\beta = 0,927$, com o auxílio de

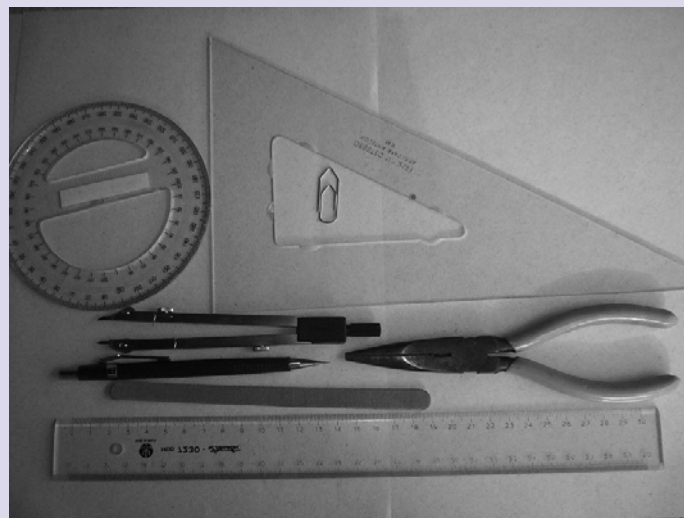


Figura 2. Material necessário.

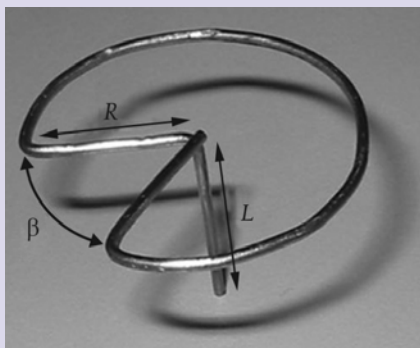


Figura 4. Parâmetros do clipião.

uma calculadora podemos determinar o raio R do clipião e do gabarito que deverá ser confeccionado para servir como base para dobrar o clipe. A Fig. 5 ilustra os passos necessários. Primeiramente desenhe uma linha reta em uma folha branca utilizando uma régua (a), depois faça um pequeno traço aproximadamente perpendicular atravessando-a (b). O ponto de intersecção entre elas servirá de centro para uma circunferência com raio R determinado pela Eq. (2) a ser traçada com um compasso (c). Utilizando o transferidor com o 0° na linha maior (que foi desenhada primeiro), marque um ponto com ângulo β próximo de $53,13^\circ$ (d). Novamente com a régua, trace uma reta do centro da circunferência até o ponto marcado com o transferidor (e).

Concluído o gabarito, com o auxílio de um alicate de bico e de uma régua, faça uma dobra em uma

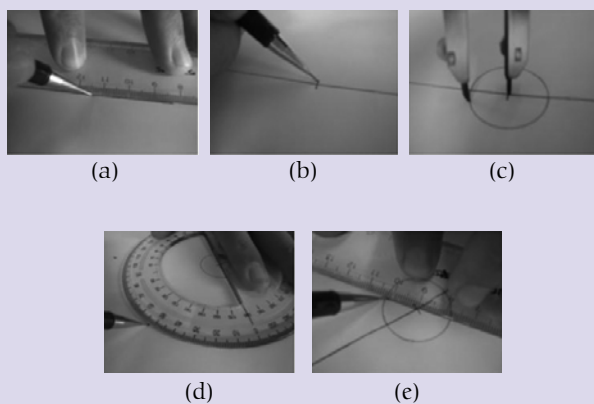


Figura 5. Confeccionando um gabarito.

das pontas do clipe com o comprimento L definido inicialmente, esta será a haste sobre a qual o clipião irá girar (Fig. 6a). Ao seu lado e na outra ponta faça outras duas dobras com comprimento R que você já determinou, deixando-o como mostrado na Fig. 6b. Comece agora a dobrar a parte circular, utilizando ainda o alicate (Fig. 6c). Para facilitar esta tarefa, coloque o clipião algumas vezes sobre o gabarito, utilizando-o como guia. Continue dobrando até o clipião praticamente coincidir com o gabarito, como na Fig. 6d. Tente deixar a haste central (de comprimento L) praticamente perpendicular à circunferência com o auxílio de um esquadro posicionado atrás do clipião. Se a ponta do arame estiver muito irregular, pode-se utilizar uma lixa (até mesmo de unha) para deixá-la plana.

Feito isso, seu clipião está pronto!

Sugestões de atividades

Seu primeiro clipião pode não sair perfeito, mas não desanime, faça vários utilizando o mesmo tipo de clipe até que você esteja habituado com o processo. Após conseguir um que gire com boa estabilidade,

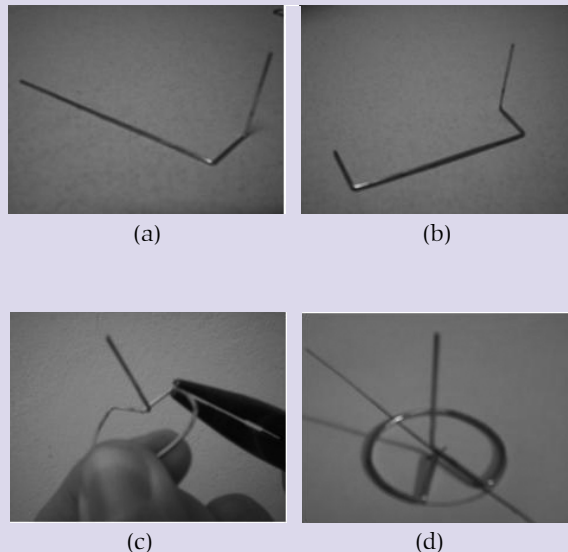


Figura 6. Dobrando o clipião.

tente mudar o tamanho e espessura do clipe, mas mantendo β de $53,13^\circ$. Este novo clipião também é estável? O comprimento total do arame ou mesmo sua espessura alteraram a posição do centro de massa?

Tente depois usar um L muito maior que R , mantendo o β ideal, e observe o que acontece. O movimento de precessão (quando o clipião fica inclinado e seu eixo começa a variar de orientação) é mais rápido?

Agora construa clipiões com β diferente do ideal. Existe alguma faixa de valores em que a estabilidade é mantida? Como ele se comporta quando construído com β muito diferente de $53,13^\circ$? Você saberia estimar, baseando-se na precessão que o clipião apresentar, onde está localizado o seu centro de massa agora?

Leandro Zanella de Souza Campos
Universidade Estadual Paulista
Campus de Guaratinguetá
leandro.zanella@gmail.com.

Marcelo Magalhães Fares Saba
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
msaba@dge.inpe.br.

Referência

- [1] T. Sakai, *Mathematical Sciences* **271**, 18 (1986).



Olimpíadas de FÍSICA

Recomeça a corrida pelas próximas Olimpíadas

Em 2005, foram mais de 45 mil participantes, oriundos de 3070 escolas. Em 2006, a SBF pretende que 80 mil estudantes participem da OBF

.....
Evanildo da Silveira
Assessor de Imprensa da SBF
.....

No próximo dia 6 de julho, cinco estudantes brasileiros do Ensino Médio embarcarão para Cingapura representando o Brasil na 37ª Olimpíada Internacional de Física (IPhO, na sigla em inglês), que ocorrerá entre os dias 8 e 17 de julho. Outros quatro serão selecionados, em julho, para participar da 11ª Olimpíada Ibero-americana de Física (Olbf), que será realizada em Coimbra, Portugal, entre os dias 23 e 30 de setembro. Será a sétima participação do Brasil na IPhO. No ano passado, em Salamanca, na Espanha, a equipe brasileira conseguiu uma medalha de bronze e duas menções honrosas, entre alunos de mais de 70 países.

Os alunos que vão para as olimpíadas internacionais são selecionados pela Olimpíada Brasileira de Física (OBF), evento organizado anualmente pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), cuja oitava edição será realizada no segundo semestre deste ano em todo o país. "Ao final de cada OBF, entre 40 e 50 estudantes da primeira série do Ensino Médio são selecionados e convidados a participar da preparação que escolherá as equipes para as olimpíadas internacionais", explica Euclydes Marega Junior, professor do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, responsável pela preparação das equipes, tarefa

na qual conta com a colaboração das Coordenações Estaduais distribuídas pelo país.

Neste ano, os melhores 13 estudantes classificados na OBF de 2004 estão sendo preparados; cinco irão para a IPhO e quatro para a Olbf. Os outros poderão ser chamados, se necessário. Segundo Marega Junior, a preparação dos alunos é feita utilizando-se recursos de educação a distância via internet usando um aplicativo, criado com o objetivo de orientar e preparar alunos e professores de Física. A preparação dura um ano e meio, período em que os alunos são submetidos a três provas seletivas. "Além disso, durante uma semana eles ficam em São Carlos fazendo experiências nos laboratórios do Instituto de Física da USP", diz José David Manguiera Vianna, presidente da Comissão Organizadora da OBF 2006.

Marega Junior acredita que os estudantes brasileiros vão se sair bem nas olimpíadas internacionais. "Nossos alunos têm chances reais de conquistar medalhas nesses eventos", diz. "Na Olbf nossos alunos competem com chances iguais de conquista de medalhas de ouro. De fato, nossas equipes têm sido vencedoras há dois anos nessa competição. Quanto à Olimpíada Internacional, nossos alunos têm conseguido uma participação destacada. Nesse evento, a chance

A Olimpíada Brasileira de Física é um projeto permanente da Sociedade Brasileira de Física e único passaporte para as Olimpíadas Internacionais de Física

maior é da conquista de medalhas de bronze e talvez prata.

Para Marega Junior, esse desempenho inferior na Olimpíada Internacional se deve à idade dos alunos brasileiros. “Eles são em média um ano mais novos que a média dos concorrentes dos outros países”, explica. “O calendário da Olimpíada Internacional é adaptado ao do hemisfério norte, no qual o ano letivo se encerra em junho de cada ano. Isso dá ao estudante desses países no mínimo meio ano a mais de estudos em relação aos brasileiros. Sem contar que a maioria dos países tem um ciclo de estudos de 12 anos contra 11 do Brasil. Parece que um ano é pouco, mas faz uma diferença enorme nesses eventos.”

Para a IPhO, cada país envia cinco alunos. O número de países participantes é de cerca de 70 a cada ano. Na OIBF participam 21 países, 19 da América Latina, Portugal e Espanha. “Na olimpíada do ano passado, realizada em Colonia del Sacramento, no Uruguai, os estudantes brasileiros obtiveram o primeiro lugar por equipe com duas medalhas de ouro, uma de prata e uma de bronze, além da melhor pontuação individual do estudante Douglas Cunha”, acrescenta Vianna.

OBF 2006

As inscrições para o cadastramento dos professores de escolas de Ensino Médio de todo o país, que desejarem

que seus alunos participem da oitava edição da OBF, estarão abertas até o dia 15 de julho. Depois de credenciados, os professores poderão inscrever quantos alunos quiserem para a primeira fase da OBF, cujas provas ocorrerão no dia 12 de agosto. O prazo para a inscrição dos alunos vai até 9 de agosto. Em 2005, participaram 45.625 alunos de 3.070 escolas de todo o país. O objetivo da SBF é que neste ano o número de estudantes cresça para 80 mil.

Um dos principais objetivos da OBF é despertar e estimular o interesse pela Física, melhorar seu ensino e incentivar os estudantes a seguirem carreiras científico-tecnológicas. A OBF não tem como objetivo criar um ranking dos melhores e piores alunos. Não há a intenção de fazer classificação nem análises comparativas. O objetivo é a participação e o envolvimento dos alunos com o universo da Física. A Olimpíada é uma oportunidade de os alunos participarem de um esporte intelectual, em nível nacional. Também é uma oportunidade para os alunos concorrerem para participar das olimpíadas internacionais.

Para que o aluno possa participar da OBF, é preciso que sua escola tenha pelo menos um professor credenciado no evento. Para o credenciamento dos professores, cada escola deverá preencher um cadastro de inscrição *on line*, no portal www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/. As escolas que não pos-

suírem conexão com a internet deverão solicitar o formulário impresso às Coordenações Estaduais da OBF, cujos endereços estarão nos cartazes distribuídos nas escolas. O formulário deverá ser enviado pelo correio a cada coordenação estadual. Poderão se inscrever os estudantes que estiverem regularmente matriculados no Ensino Médio. Eles devem concorrer na série em que estiverem cursando, caso contrário a escola será desclassificada. As inscrições são gratuitas.

A OBF é realizada em três fases. A primeira ocorre no mês de agosto, na escola de cada estudante e dela pode participar todo aluno inscrito no Ensino Médio. A prova é formada por questões de múltiplas escolhas. A segunda fase é realizada no mês de setembro, em locais determinados pelo coordenador estadual. Podem participar os estudantes que atingirem na primeira fase um número mínimo de acertos, definido pela Comissão da Olimpíada Brasileira de Física (COBF). Nesse caso, a prova é discursiva. Em novembro, ocorre a terceira fase, na sede da coordenação estadual, na qual concorrem os estudantes que se classificarem na segunda fase. As provas da terceira fase exigem a realização de experimentos.

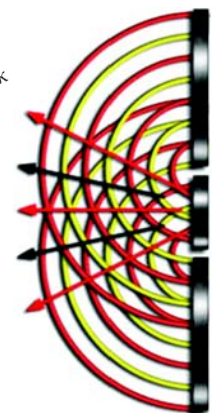
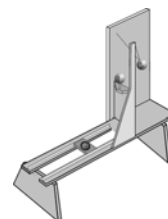
Maiores informações:

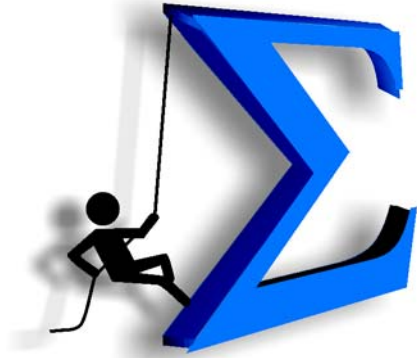
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/> ou na Secretaria Geral da Olimpíada, no telefone: (11) 3814.5152.



$$g = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi r^3}{r^2} \Rightarrow g = \underbrace{\left(\frac{4}{3} \pi G \rho \right)}_{\text{constante}} r$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$





Problemas Olímpicos

Soluções dos problemas anteriores

1 Cálculo da força gravitacional de uma casca esférica de raio interno R_1 , raio externo R_2 e massa M .

O volume de uma esfera é dado por:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3.$$

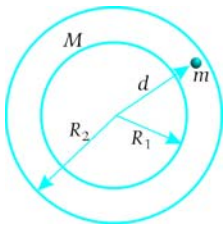
A densidade da massa m é dada por:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V.$$

Portanto, a massa é diretamente proporcional ao cubo do raio R :

$$m = \rho \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow m \propto R^3$$

Para uma massa esférica como a da figura abaixo, o volume da casca vale o volume total, $V_T = \frac{4}{3}\pi R_2^3$ menos a parte oca, $V_o = \frac{4}{3}\pi R_1^3$.



Assim,

$$V = \frac{4}{3}\pi(R_2^3 - R_1^3).$$

Logo, a massa da casca esférica é $m \propto (R_2^3 - R_1^3)$

Aplicando esse raciocínio para o problema dado, temos:

Para massa m_1 : $m_1 \propto (d^3 - R_1^3)$ (m_1 é a porção da massa M que atrai m).

Para a massa M : $M \propto (R_2^3 - R_1^3)$.

Dividindo as expressões temos:

$$m_1 = M \frac{(d^3 - R_1^3)}{(R_2^3 - R_1^3)}$$

Como a força gravitacional vale:

$$F = G \frac{m m_1}{d^2}, \text{ temos:}$$

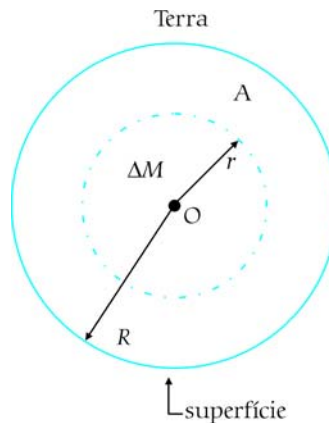
$$F = G \frac{m M}{d^2} \frac{(d^3 - R_1^3)}{(R_2^3 - R_1^3)}.$$

2 Variações no campo gravitacional na superfície da Terra podem advir de irregularidades na distribuição de sua massa.

Vamos determinar a intensidade do campo gravitacional para pontos internos à Terra. Vamos supor que:

- A Terra é esférica e homogênea;
- Toda a massa da Terra está concentrada no seu centro geométrico (centro de massa);
- Que a Terra esteja isolada do universo.

Observemos a figura abaixo.



O campo gravitacional em A é devido à porção da massa ΔM da esfera

de raio r com o centro O. Seja ρ a densidade da Terra. Como a Terra é homogênea, a densidade (ρ) da porção da massa ΔM é:

$$\rho = \frac{\Delta M}{\Delta V},$$

onde ΔV é o volume da esfera de raio R . Logo,

$$\Delta V = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

Assim,

$$\rho = \frac{\Delta M}{\frac{4}{3}\pi r^3} \Rightarrow g = G \frac{\Delta M}{r^2}, \text{ e}$$

$$\Delta M = \rho \frac{4}{3}\pi r^3.$$

De

$$g = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{r^2} \Rightarrow g = \underbrace{\left(\frac{4}{3}\pi G \rho\right)}_{\text{constante } k} r,$$

concluimos que para pontos internos à Terra, a intensidade do campo gravitacional é diretamente proporcional à distância r até o centro da Terra. Para o problema em questão, analisaremos duas situações:

1ª) calcularemos o campo da cavidade $g_2 = k(R - a)$.

2ª) O campo em P devido a toda a distribuição de massa é: $g = kR$.

Portanto, temos:

$$\frac{kR - k(R - a)}{kR} = \frac{a}{R}$$

3 O alcance de um corpo lançado segundo um ângulo e que recebe do vento uma força horizontal constante.

Na direção vertical, para que o corpo atinja o ponto mais alto da trajetória, temos:

$$V_y = V_{0y} - g t \Rightarrow V_y = 0 \Rightarrow V_{0y} = V \operatorname{sen} \alpha$$

Portanto,

$$t_y = \frac{V \operatorname{sen} \alpha}{g} \quad (1)$$

é o tempo de subida. Logo, o tempo total de subida e descida é:

$$d = 2 \frac{V \operatorname{sen} \alpha}{g} \quad (2)$$

Na direção horizontal, temos a força do vento ($\mathbf{F} = \text{constante}$) e

$$d = V_{0x} t + a_x \frac{t^2}{2}, \quad (3)$$

onde

$$V_{0x} = V \operatorname{cos} \alpha \quad (4)$$

e

$$a_x = \frac{F}{M}.$$

Substituindo (2), (4) e (5), na Eq. (3), temos:

$$d = V \operatorname{cos} \alpha \frac{2V \operatorname{sen} \alpha}{g} + \frac{1}{2} \frac{F}{M} \left(\frac{2V \operatorname{sen} \alpha}{g} \right)^2$$

$$d = \frac{2V^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{g} + \frac{F}{2M} \frac{4}{g} V^2 \operatorname{sen}^2 \alpha$$

$$d = \frac{V^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{g} \left(1 + \frac{F}{Mg} \operatorname{tg} \alpha \right).$$

4 Avaliando um motor concebido por um inventor a partir das premissas propostas. Sejam T_Q e T_F as temperaturas das fontes quente e fria, respectivamente.

Inicialmente, temos que:

$T_Q = 1400 + 273 = 1673$ K é a temperatura mais alta do ciclo.

$T_F = 300 + 273 = 573$ K é a temperatura mais baixa do ciclo.

Para o ciclo de Carnot podemos escrever que:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \frac{T_g - T_f}{T_g}.$$

é o rendimento teórico. Assim:

$$\eta_{\text{Max}} = \eta_{\text{Carnot}} = \frac{1673 - 573}{1673} = 0.658.$$

Calculamos o trabalho útil usan-

do a relação:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \frac{W_{\text{útil}}}{Q_{\text{absorvido}}},$$

$$0,658 = \frac{W_{\text{útil}}}{4500} \Rightarrow W_{\text{útil}} = 2961 \text{ kcal.}$$

que é o trabalho útil por hora de funcionamento do motor térmico. Portanto, a potência útil será:

$$P_{\text{útilmax}} = \frac{W_{\text{útil}}}{\Delta t} = \frac{2961 \times 4,18 \times 1000}{3600},$$

$$P_{\text{útilmax}} = 3438 \text{ W,}$$

que, transformado para Cavalos Vapor (CV), dá:

$$P_{\text{útilmax}} = \frac{3438}{736},$$

$$P_{\text{útilmax}} = 4,67 \text{ CV.}$$

Logo a máxima potência térmica é 4,67 CV.

O motor do inventor é impossível de ser construído, e portanto nenhum investimento deve ser feito nele.

Dulceval A. de Santana

Novos Problemas

1 Uma fonte DC de voltagem E_0 com resistência interna r está conectada a um dispositivo de resistência R_L .

i) Esboce a potência útil como função da corrente.

ii) Determine a resistência interna da fonte de voltagem

iii) Esboce: a) A potência total como função de R_L . b) A potência útil como função de R_L . c) A eficiência do circuito como função de R_L .

(V Olimpíada Internacional de Física - Bulgária)

2 É-lhe dado um líquido cujo calor específico é conhecido e um cristal que não se dissolve no líquido. Os seguintes aparelhos estão ao seu alcance: termômetro; tubo de ensaio; cronômetro e aquecedor elétrico. Determine o ponto de fusão e o calor específico do cristal.

(IX Olimpíada Internacional de Física - Hungria)

3 Uma barra longa cujo formato é um paralelepípedo de lados a , b e c ($a \gg b$, $b \gg c$) é feita do semicondutor InSb. Uma corrente I flui ao longo da barra na direção paralela ao lado a . A barra está sujeita a um campo magnético externo \mathbf{B} que é paralelo ao lado c da barra. O campo magnético provocado pela corrente I pode ser desprezado. Os portadores de carga neste semicondutor são os elétrons. A velocidade média dos elétrons em um semicondutor na presença somente de um campo elétrico é $\mathbf{v} = \mu \mathbf{E}$, sendo μ a mobilidade eletrônica.

Quando existe um campo magnético, o campo elétrico resultante não é mais paralelo a corrente. Este fenômeno é conhecido como efeito Hall.

a) Determine a magnitude e direção do campo elétrico na barra de modo a se obter a corrente I como descrito acima.

b) Calcule a diferença de potencial elétrico entre dois pontos opostos na superfície da barra ao longo da direção dos lados b .

c) Ache uma expressão analítica para o componente DC da diferença de potencial elétrico no item anterior, se a corrente e o campo magnético forem AC, i.e.: $I = I_0 \operatorname{sen}(\omega t)$ e $B = B_0 \operatorname{sen}(\omega t + \delta)$

d) Usando o resultado de c) desenhe e descreva um circuito elétrico que seja capaz de medir consumo de potência de um aparelho elétrico conectado a uma rede AC.

Dados: mobilidade eletrônica no InSb = $7,8 \text{ mV}^{-1}\text{s}^{-1}$. concentração de elétrons no InSb = $2,5 \times 10^{22}/\text{m}^3$. $I = 1,0$ A, $\mathbf{B} = 0,10$ T, $b = 1,0$ cm, $c = 1,0$ mm, carga do elétron $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.

(XVI Olimpíada Internacional de Física - Portoroz, Iugoslávia)

Resenhas

Meio Século de Neutrinos: Uma Dentre as Novas Janelas Para o Universo

O neutrino foi proposto em 1930 pelo físico alemão Wolfgang Pauli como uma tentativa teórica para explicar os fenômenos observados no decaimento beta que como se sabe atualmente, consiste da desintegração do nêutron no núcleo atômico. Segundo Pauli, a proposta da existência de uma partícula de massa muito pequena ou nula, interagindo fracamente com a matéria e com carga elétrica neutra (daí o nome *neutrino*), seria necessária para garantir a conservação da energia durante a desintegração, fato elaborado teoricamente por Enrico Fermi. A confirmação experimental da proposta deu-se há exatos cinquenta anos, pelos físicos americanos Clyde Cowan e Frederico Reines, que pelo feito foram laureados com o prêmio Nobel de 1995.

A descoberta do neutrino passou a ser um resultado essencial para a física moderna, pois simultaneamente estabeleceu-se a interação (força) fraca, um dos tipos básicos de interação da natureza. As outras forças são: a gravitacional, de longo alcance e responsável pelas formações cósmicas; a eletromagnética, responsável fundamentalmente pela estrutura eletrônica da matéria; e a interação forte, que garante a estabilidade nuclear. Um dos pontos nevrálgicos da física atual está na procura de um formalismo que acomode satisfatoriamente essas quatro interações em um esquema único. A primeira teoria de unificação nesse sentido deve-se a Maxwell, no século XIX, que unificou as interações elétrica e magnética, dando origem ao que se passou a chamar de interação *eletromagnética*. Este resultado gerou

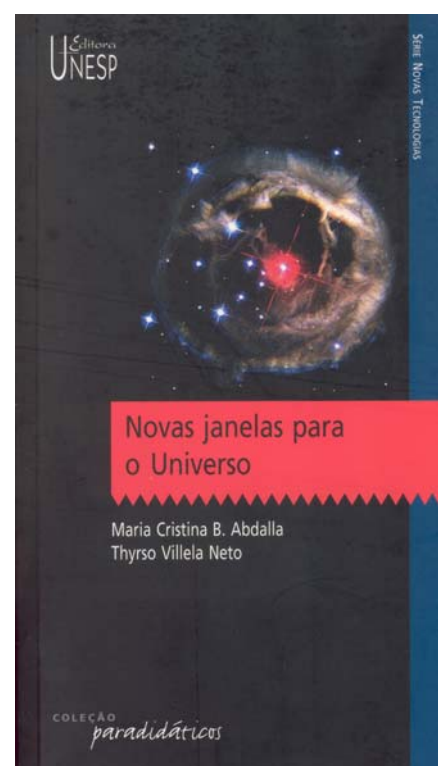
uma vasta quantidade de novos fatos com interesses práticos e teóricos, como a descoberta das ondas de rádio. No século XX Weinberg, Salam e Glashow unificaram a interação fraca com a eletromagnética, que passou a ser chamada de interação *eletrofraca*.

Nas últimas décadas a pesquisa com o neutrino e com os efeitos da interação fraca avançou em diversas frentes. Por um lado, procura-se analisar as chamadas *oscilações de neutrinos*, um mecanismo que leva aquelas partículas a serem descritas como entes com massa. Em outra vertente, por interagirem fracamente com a matéria, os neutrinos são verdadeiros livros cósmicos, transportando informações sobre os mais variados fenômenos celestes, bem como detalhes dos tempos da origem do universo. Ou seja, a pesquisa sobre o neutrino passou a ser um viés experimental relevante para a análise do universo.

Ressalte-se que no início do século XX não havia evidências experimentais sobre a complexidade do cosmos, e os primeiros resultados foram a medida do desvio para o vermelho do espectro das galáxias, iniciados preliminarmente nos anos de 1910, e a medida da radiação cósmica de fundo estabelecida nos anos de 1960. Posteriormente, através do detector Kamio-kande, no Japão, mediou-se a existência de neutrinos provenientes de reações termonucleares no Sol e de neutrinos advindos de uma explosão de supernova. Outras possibilidades experimentais mais recentes advêm dos dados observacionais do telescópio Hubble, que evidenciam a existência no universo da matéria e energia escuras, cuja natureza ainda é desco-

nhecida. Todas essas formas de análise do cosmos estão muito bem descritas e exploradas no livro *Novas Janelas para o Universo*, de Maria Cristina Abdala, professora e pesquisadora do IFT-UNESP, e Thyrso Villela-Neto, professor e pesquisador do INPE.

Novas Janelas para o Universo está escrito em linguagem simples, sem deixar de ser precisa. Assim temos um texto acessível ao público em geral, mas também de interesse a professores, pesquisadores e estudantes de áreas afins que queiram se inteirar do que está acontecendo com a pesquisa do cosmos, podendo consultar também uma sugestiva lista de referências bibliográficas e páginas da internet. Outros aspectos são destaques no li-



viro de Abdalla e Villela-Neto. O primeiro é a diagramação cuidadosa (já quase um sinônimo dos livros da Editora da UNESP), onde o leitor é apresentado a belas fotos e desenhos obtidos a partir das Novas Janelas. Depois notamos a louvável preocupação dos autores em caracterizar, com a devida medida, a significativa pesquisa que é desenvolvida por grupos no Brasil¹ e em outros países da América do Sul, em colaborações internacionais como a do projeto Auger, sobre raios cósmicos. Por último, mas um ponto alto no texto de Abdalla e Villela-Neto, é que o encantamento ao se olhar o céu é resgatado; persiste, mesmo com as sofisticadas Novas Janelas, sem deixar de carregar um sentido prático (diário).

É importante apontar que o estudo do cosmos sempre foi uma área genuinamente de pesquisa básica, e como tal é guiado por questões que

nos inquietam desde sempre. Na procura do insondável, usamos então nossos elementos estruturais mais básicos: a criatividade, a intuição e o encantamento com um certo sentido de delicadeza e fragilidade das coisas que nos cercam, em especial daquelas todas do céu. Esse aspecto poético das ciências não é alienante (muito pelo contrário, posto que não nos priva de perceber o significado da tragédia) e sempre dá origem, mas como subproduto, a coisas utilizáveis, o que certamente aquietou o espírito mais dado ao pragmatismo. Esses resultados práticos, enfatizados também no *Novas Janelas para o Universo*, aparecem em toda a história da astronomia, e vale citar: a luz coerente do laser, que 100 anos antes de ser produzida nos laboratórios da Terra, fora observada no espectro de algumas estrelas; ou o GPS, o sistema de orientação que utiliza os fundamentos da teoria da relatividade

geral de Einstein, e que dentre tantas outras coisas viabiliza o tráfego aéreo em todos os aeroportos do mundo. Entretanto, não podemos perder de vista que aquele sentimento de comoção com o cosmos, subsistindo nas entrelinhas do *Novas Janelas para o Universo*, é o lastro edificante da pesquisa básica, com seus subprodutos todos. É nesse sentido que devemos celebrar os cinquenta anos da descoberta experimental do neutrino.

Novas Janelas para o Universo, por Maria Cristina Abdalla e Thyrso Villela Neto (Coleção Paradidáticos, UNESP, São Paulo, 2005).

José Leonardo Ferreira e
Ademir E. Santana
Instituto de Física
Universidade de Brasília

¹As políticas governamentais de financiamento desses grupos têm sido um drama histórico, mas este é um assunto a ser abordado em outro local.

Na Prateleira

Dicionário Houaiss de Física

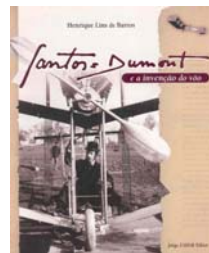
Ytzhak Roditi, Editora Objetiva, Rio de Janeiro (2005)



Fruto de sua experiência como responsável pela área de Física na elaboração do Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, Itzhak Roditi, pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, compilou definições e termos técnicos da Física bem como dados biográficos de cientistas (inclusive todos os agraciados com o Nobel de Física). Desta tarefa resultou uma valiosa obra de referência para professores, especialistas de outras áreas e o público interessado nas ciências físicas. Essencial para professores do Ensino Médio que irão encontrar verbetes atualizados sobre temas da física contemporânea para dirimir dúvidas ou despertar curiosidade para estudos mais avançados. De valor inestimável também para docentes e pesquisadores que encontram dificuldade em traduzir termos técnicos ao escrever seus textos em português.

Santos Dumont e a invenção do vôo

Henrique Lins de Barros, Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro (2003)



Neste livro ricamente ilustrado com material iconográfico, Henrique Lins de Barros, físico e historiador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e ex-Diretor do Museu de Astronomia e Ciências Afins do Rio de Janeiro, aborda com profundidade a trajetória de Santos Dumont rumo à realização do sonho humano de voar em aparelho mais-pesado-que-o-ar. Você encontrará sua biografia, seus projetos de dirigíveis e de aeroplanos e detalhes das invenções de Santos Dumont, além do contexto da época no campo da aviação. Ao final, o fac-símile de *A Conquista do Ar*, uma publicação de Santos Dumont de 1901. É uma obra indispensável neste ano em que se comemora o centenário do vôo do 14 Bis.

Einstein e a Educação

Alexandre Medeiros e Cleide Medeiros, Livraria da Física Editora, São Paulo (2006)



Ainda no rastro das comemorações do Ano Mundial da Física, a Livraria da Física lança este interessante estudo de Alexandre e Cleide Medeiros sobre a formação e atuação em educação de Albert Einstein. Trata-se de tema pouco abordado na literatura sobre Einstein e que poderá ser bastante apreciado e útil para educadores dos níveis médio e superior. O livro analisa o aspecto educacional de Einstein que, além de físico mundialmente reconhecido, possuía uma faceta pouco conhecida: sua atuação como professor, conferencista e pensador crítico defendendo concepções epistemológicas e educacionais radicais.