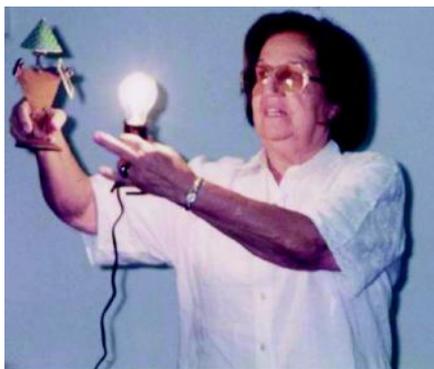


## Carta do Editor

### Parabéns, Querida Mestra

**H**á dois anos, coordenei o programa de um encontro temático de pesquisa em Física em São Lourenço, MG. Uma das tradições desse encontro é a participação de estudantes do Ensino Médio da região através de palestras a eles diretamente dirigidas. Naquele ano, nossa convidada foi a profa. Beatriz Alvarenga. Antes do horário anunciado, o amplo salão de conferências estava apinhado de gente. Eram colegas aguardando ansiosos a palestra. Não havia espaço para os estudantes, reais protagonistas do espetáculo. Após negociações, os colegas se retiraram somente após a promessa de um *replay* da palestra horas mais tarde. Fatos semelhantes foram relatados em outros eventos. São demonstrações inequívocas do apreço e admiração que professores de todos os níveis prestam à figura impar da professora cujos serviços prestados à melhoria do ensino de Física e à formação de professores foram extremamente significativos.

Quantos, como eu, não iniciaram a sua carreira de magistério usando o seu livro de Física com Antônio Máximo? Quantos colegas no curso de Licenciatura na UFMG e em outros cursos pelo Brasil e América Latina não saborearam suas aulas, intera-



Profa. Beatriz usando um brinquedo-robô para demonstrar o efeito fotoelétrico (São Luis do Maranhão, 1998).

tivas, envolventes e motivadoras?

O ano de 2003 marca a celebração dos 80 anos da profa. Beatriz Alvarenga. A *Física na Escola* se junta a outras publicações e instituições para reverenciar esta notável educadora.

Profa. Beatriz é engenheira civil, turma de 42, doutora e livre-docente em Física pela UFMG. Publicou inúmeros trabalhos, entre eles o conhecido *Curso de Física*, cuja primeira edição é de 1968/1970, em co-autoria com o prof. Antônio Máximo. Com ele também publicou, em 1976, *Física General*, que foi adotado em inúmeros países da América espanhola. Recebeu inúmeras homenagens e honrarias, entre as principais destacamos o Diploma de Consagração Universitária da UFMG (1965), Insígnia da Inconfidência pelo governo mineiro (1983), Título de Professor Emérito da UFMG (1988), Medalha Santos Dumont (1988), Homenagem Especial da SBF, por ocasião do X Simpósio Nacional de Ensino de Física (1993), Mérito Educacional concedido pela Câmara Municipal de Belo Horizonte (1998) e a Ordem Nacional do Mérito Educativo, no grau de Oficial pelo governo brasileiro (2002).

Querida mestra, todos nós professores agradecemos as inúmeras contribuições ao ensino de Física, mas principalmente a reconhecemos como professora criativa, dedicada, entusiasta e ser humano admirável. Que as novas gerações sigam seu exemplo.

### Ano Mundial da Física

A SBF está organizando, juntamente com outras sociedades de Física, atividades para comemorar o Ano Mundial da Física (AMF) em 2005, ano de celebração do centenário da publicação dos trabalhos de Einstein que mudaram a face do mundo: a teoria da relatividade especial, o caráter corpuscular da luz, a explicação do movimento browniano



e a equivalência da massa e energia.

Um dos principais objetivos do AMF é despertar a atenção do público em geral e especialmente dos jovens para a importância da Física no mundo atual e dentro do possível motivar os jovens para ingressar na carreira de Física, seja como pesquisador ou professor em qualquer nível. Para detalhes veja o Editorial da *RBEF*, v. 25, n. 2 (2003) disponível em <http://www.sbfisica.org.br/noticias/publicacoes.htm>.

Várias propostas de atividades de divulgação ampla, para escolas e públicos mais restritos, estão sendo discutidas e avaliadas em sua pertinência e possibilidade concreta de realização. Duas delas já estão sendo implementadas: a exposição itinerante *Einstein na América Latina* e a série de textos *Física Moderna e Contemporânea para Professores de Ensino Médio* (<http://www.sbfisica.org.br/ensino/fisicamoderna.htm>).

Para o sucesso desta iniciativa é imprescindível a mobilização de professores de Física do Ensino Médio e a comissão da SBF, coordenada pelo Prof. Ildeu de Castro Moreira ([ildeu@if.ufrj.br](mailto:ildeu@if.ufrj.br)), está recebendo sugestões e se compromete a envidar esforços para apoiar atividades nas escolas interessadas de todo o país.

*Nelson Stuard*

# Carta dos Leitores

## Entrevista com Kepler

Gostaria de apontar um equívoco no artigo *Entrevista com Kepler*, no v. 3, n. 2, de Alexandre Medeiros, da UFRPE. O autor afirma (p. 32):

“-Jomar: Engraçado, eu já li em um livro didático que Galileu o havia presenteado com um telescópio e que você havia feito observações com ele.

-Kepler: Mentira! Esses livros didáticos de vocês contam barbaridades;...”

No meu livro *Astronomia e Astrofísica*, juntamente com Maria de Fátima Oliveira Saraiva, publicado pela Editora da UFRGS (2000), p. 550, consta: “Em 1610, Kepler leu o livro com as descobertas de Galileu usando o telescópio, e escreveu uma longa carta em suporte, publicada como *Dissertatio cum Nuncio Sidereo (Conversa com o Mensageiro Sideral)*. Em agosto de 1610, ele usou um telescópio dado por Galileu ao duque da Bavária, Ernst de Cologne, para observar os satélites de Júpiter, publicando *Narratio de Observatis Quatuor Jovis Satellitibus (Narração das Observações dos Quatro Satélites de Júpiter)*. Esses tratados deram grande suporte a Galileu, cujas descobertas eram negadas por muitos. Os dois trabalhos foram republicados em Florença. Kepler também estudou as leis que governam a passagem da luz por lentes e sistemas de lentes, inclusive a magnificação e a redução da imagem, e como duas lentes convexas podem tornar objetos maiores e distintos, embora invertidos, que é o princípio do telescópio astronômico. Estudou, também, o telescópio de Galileu, com uma lente convergente como objectiva e uma lente divergente como ocular. Esses estudos foram publicados no *Dioptrice*, em 1611.”

Kepler Oliveira  
Instituto de Física da UFRGS  
kepler@if.ufrgs.br

Tenho muito respeito pelo professor Kepler Oliveira pelo seu conhecimento e erudição. Ele, inclusive, tem um ótimo curso de Astronomia na Internet. Creio que ocorreu, apenas, um pequeno mal entendido em relação ao meu artigo. Eu não afirmei (através dos meus personagens) que o velho Kepler nunca havia feito observações teles-

cópicas. Muito pelo contrário. O que afirmei, e o colega confirma, é que o instrumento usado por Kepler não lhe foi presenteado por Galileu. Que tenha sido até mesmo confeccionado pelo Galileu não duvido e isso não invalida o que afirmei. Digo, ainda, que Kepler ficou ressentido com isso, o que também não contraria a mensagem do meu colega. Já vi livros didáticos que falam da amizade entre Galileu e Kepler e do tal presente, que insisto, nunca ocorreu. Que as observações de Kepler deram amplo suporte a Galileu eu estou de pleno acordo e afirmo isso com a devida ênfase em meu texto. No mais, os demais detalhes históricos constantes na carta do professor Kepler me parecem corretos, relevantes e coerentes com o seu profundo conhecimento do assunto e creio que muito contribuem para aprofundar e enriquecer as informações contidas no meu texto.

Alexandre Medeiros  
UFRPE  
med@hotlink.com.br

## Revista de Educação em Astronomia

Gostaria de divulgar o lançamento da *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA)*. Esta é uma iniciativa inédita na área e espera-se que ajude a fomentar o desenvolvimento da pesquisa em ensino de Astronomia. As motivações que nos levaram a criar a RELEA, seus objetivos e instruções para autores encontram-se no endereço [www.iscafaculdades.com.br/relea](http://www.iscafaculdades.com.br/relea). Peço o obséquio de divulgarem esta Revista entre possíveis interessados e em jornais internos, revistas de ensino de Ciências, boletins de divulgação, páginas de Internet em ensino e divulgação de Astronomia e áreas afins ou listas de discussão. Porém, quem quiser submeter artigos, não deve enviá-los a mim, e sim ao endereço: [observatorio@iscafaculdades.com.br](mailto:observatorio@iscafaculdades.com.br); com cópia para [bretones@mpc.com.br](mailto:bretones@mpc.com.br).

Luiz Carlos Jafelice  
jafelice@dfte.ufrn.br  
DFTE - UFRN

## Parabéns

Sou estudante do quarto semestre do Curso de Física da FEG/UNESP

([www.feg.unesp.br](http://www.feg.unesp.br)). Estou enviando esta mensagem para parabenizá-los em primeiro lugar pela revista *Física na Escola*, que tanto nos ajuda a melhorar a divulgação dessa bela Ciência.

Gostaria também de demonstrar o meu contentamento com a série de entrevistas com os astrônomos (Tycho Brahe e Kepler). Simplesmente uma excelente idéia. O Prof. Alexandre Medeiros foi muito feliz na sua fórmula de expor fatos históricos. Devo ainda confessar que consegui entender muito melhor a terceira lei de Kepler graças à entrevista. A desmistificação da Ciência como dogmas e idéias imutáveis deve ser cada vez mais difundida, pois só assim conseguiremos trazer novos talentos para participar dessa aventura que é estudar a natureza.

Por fim, quero pedir que continuem com essa forma de passar a história da Física em forma de entrevistas (bem humoradas e acima de tudo informativas). Ousando um pouco mais, sugeriria como próximos entrevistados homens como Galileu Galilei, Sir Isaac Newton e Maxwell.

Parabéns a todos que fazem essa importante revista.

Wellington Nogueira  
nogueira83@uol.com.br

Parabéns pela revista *Física na Escola*. É uma revista que tem artigos interessantes para todos os que estudam ou ensinam física. Sou professor de Física em uma escola portuguesa e costumo ler a vossa revista no departamento de Física da Universidade de Coimbra.

A vossa revista tem sempre artigos didáticos para os professores. Só uma pergunta: aceitam artigos enviados de Portugal para publicar na vossa revista?

Continuação de bom trabalho,

Carlos Saraiva  
carlos.saraiva@megamail.pt

*Claro que aceitamos artigos de Portugal; bons trabalhos que divulgem a Física são sempre muito bem-vindos seja de onde vierem. Em tempo: o Prof. Carlos Fiolhais, da Universidade de Coimbra, é membro do Conselho Editorial da Revista Brasileira de Ensino de Física.*



**O**raio sobe ou desce? As duas coisas. No entanto, a grande maioria desce. Raios que sobem só acontecem a partir de estruturas muito elevadas, como por exemplo do alto de um arranha-céu ou de uma antena no topo de uma montanha.

As imagens que se seguem, gravadas pelo INPE no Vale do Paraíba, representam cenas nunca vistas pelo olho humano. Uma filmadora capaz de gravar 1000 imagens por segundo capturou nesta seqüência de imagens um raio traçando seu caminho em direção ao solo.

O caminho de descida é tortuoso e truncado em passos de centenas de metros, como que buscando o caminho mais fácil. Esta busca de uma conexão com a terra é muito rápida (300.000 km/h) e pouco luminosa para ser vista a olho nu. Quando essa

descarga, conhecida como 'líder escalonado', encontra-se a algumas dezenas de metros do solo, parte em direção a ela uma outra descarga com cargas opostas, chamada de 'descarga conectante' (impossível de ser vista nas imagens abaixo). Forma-se então o que é conhecido como o canal do raio, um caminho ionizado e altamente condutor. Por ele passa um gigantesco fluxo de cargas elétricas denominado 'descarga de retorno', e é neste momento que o raio acontece com a máxima potência, liberando grande quantidade de luz.

Observe como no caso em questão a ramificação da direita some após o contato da outra ramificação com o solo. Isto acontece porque, uma vez estabelecido um caminho, todas as cargas elétricas depositadas nas ramificações fluem por ele.

.....  
**Marcelo M.F. Saba**  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
msaba@dge.inpe.br  
.....



**Tempo = 0:** A ponta de um líder escalonado de um raio aparece no canto superior esquerdo da imagem de vídeo.



**Tempo = 3 ms:** As duas pontas têm uma mesma origem na nuvem de tempestade, que não aparece na imagem.



**Tempo = 1 ms:** Podemos perceber no lado direito da imagem outra ponta deste líder.



**Tempo = 4 ms:** Elas buscam no seu movimento descendente um ponto de contato com o solo.

O comportamento dos raios é assunto de constante pesquisa no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Neste artigo o leitor aprenderá um pouco mais sobre este fenômeno.



**Tempo = 5 ms:** A ramificação esquerda leva a dianteira e está prestes a completar o caminho da descarga.



**Tempo = 6 ms:** A ramificação esquerda completa o caminho entre a nuvem e o solo. Toda a corrente elétrica é transmitida por ela e muita luz é produzida neste momento.



**Tempo = 7 ms:** A corrente elétrica diminui e o canal do raio vai aos poucos perdendo a sua luminosidade.

## Fumaça Sobe ou Desce?

Este trabalho é uma sugestão de material de apoio para uma aula sobre densidade e/ou correntes de convecção. Dentro desses conteúdos, o professor pode mostrar, com um equipamento simples e de rápida construção, o inesperado e interessante comportamento de um filete de fumaça que contraria o senso comum e que, pela sua natureza curiosa, vai desafiar o uso dos conteúdos acima referidos.

### Fumaça sempre sobe?

Em uma queima corriqueira que produza fumaça, normalmente observamos a subindo ar acima, o que leva-nos à conclusão errônea de que a fumaça é menos densa do que o ar.

### O equipamento e observação do fenômeno

Entretanto, com uma garrafa plástica de qualquer tamanho e um pequeno pedaço de papel enrolado, consegue-se mostrar que a fumaça, contrariando as nossas expectativas, em vez de subir, desce na forma de um filete contínuo, quase perfeito. Para realizar isso, enrolamos, na forma de canudinho, um pedaço de papel sulfite (por exemplo, de 3 cm de largura por 12 cm de comprimento) e o fazemos atravessar um orifício (diâmetro aproximado de 5 mm) feito na parte superior da garrafa plástica, como ilustrado na Figura 1. Em seguida, ateando-se fogo na extremidade do papel que está do lado de fora da garrafa, observa-se que a fumaça desse lado toma a direção corriqueira, movimentando-se para cima. Por outro lado, na



ponta extrema oposta do canudinho, do lado de dentro da garrafa, a fumaça jorra para baixo tal qual uma linda cascata.

### Afinal, a fumaça sobe e desce... e como fica a densidade?

Do lado externo da garrafa, a fumaça está mesclada com o ar quente produzido pelo fogo que queima o papel. Devido à alta temperatura, a fumaça sobe com a corrente de convecção do ar quente que a envolve, causando o visível movimento ascendente da fumaça. No entanto, parte da fumaça da queima também se desloca por dentro do canudinho de papel e acaba saindo pela outra extremidade, dentro da garrafa. Neste caso, por haver somente a fumaça, por estar o ar parado no interior do recipiente, por ser ela mais densa do que o ar e estando ela livre da

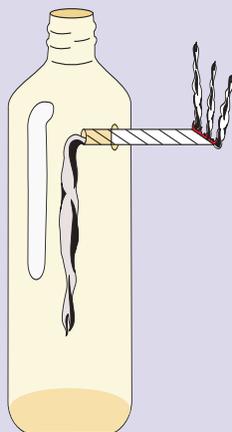


Figura 1. Garrafa com a lateral furada, onde é colocado o canudo.

ação de agentes que poderiam dispersá-la, como correntes de ar, a fumaça produz um movimento descendente, conforme vai saindo do papel. Assim, conclui-se que a fumaça, sendo uma fina suspensão de partículas sólidas em um gás, possui densidade superior à do ar.

## As correntes de ar da sala e do nosso corpo

A importância do isolamento das correntes de ar nesta experiência é observada em uma segunda experiência. Segurando-se um outro canudinho de papel, semelhante ao instalado no orifício da garrafa, observa-se que a fumaça da extremidade que está queimando vai diretamente para cima, enquanto a da extremidade oposta tem uma formação e direção irregular, às vezes subindo, às vezes descendo, às vezes podendo sair pela horizontal (Figura 2). As correntes de ar existentes na sala agem de forma mais ou menos aleatória, interferindo no movimento da fumaça. É também interessante observar e estudar a influência das correntes de convecção produzidas em torno da nossa mão devido ao calor da mesma.

Carlos Eduardo Laburú  
(laburu@uel.br) DF/UUEL  
Fabricia Fabiane de Lima Trevisan  
Licencianda em Física/UUEL

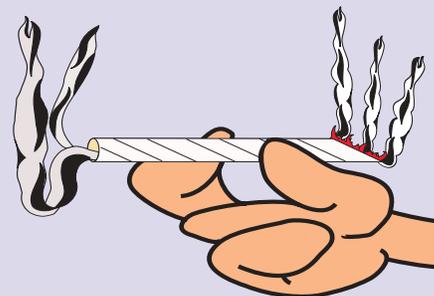
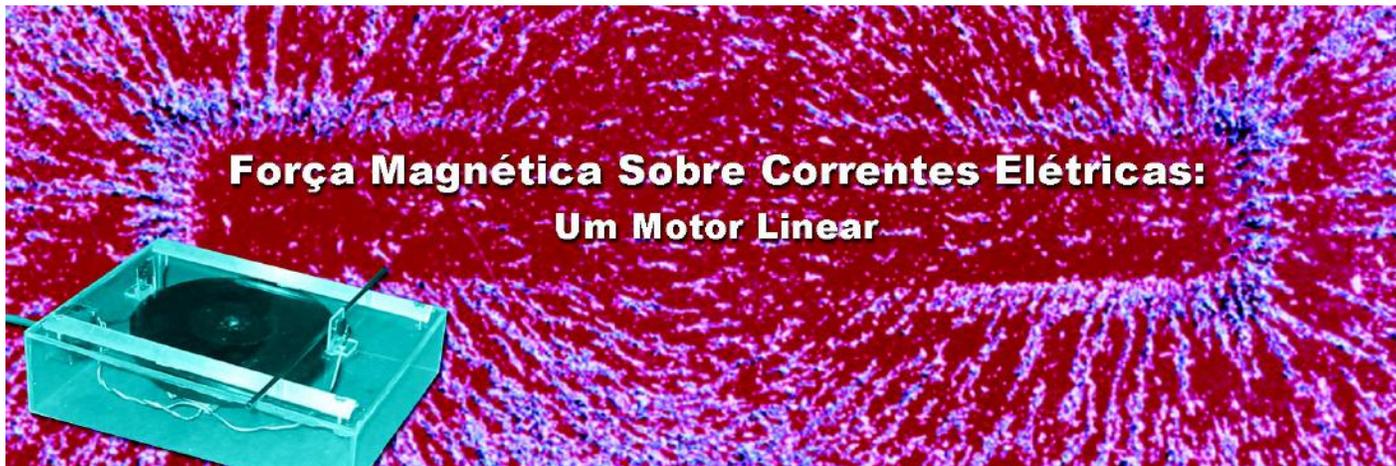


Figura 2. O canudo ao ar livre; a fumaça descola-se ao sabor das correntes de ar presentes no ambiente.

## Referências

Dicionário Rossetti de Química,  
[www.rossetti.eti.br/dicuser/index2.asp](http://www.rossetti.eti.br/dicuser/index2.asp).  
O trabalho em ambientes quentes,  
[www.laraio.com.br/Trabalho%20em%20Locais%20Quentes.htm](http://www.laraio.com.br/Trabalho%20em%20Locais%20Quentes.htm).



## Força Magnética Sobre Correntes Elétricas: Um Motor Linear

O magnetismo ou, de maneira mais simples, a ação atrativa e repulsiva originada nas vizinhanças de um material magnético, foi algo que sempre fascinou o homem, desde a sua descoberta na Magnésia, uma região da Ásia Menor. Naquela região foram identificadas algumas rochas, conhecidas como magnetitas e formadas por um óxido de ferro que apresentavam a propriedade de atrair outros materiais constituídos de ferro. A partir daí, passou-se a investigar a ação dessas pedras sobre outros materiais e sobre elas mesmas. Pode-se dizer que a primeira grande descoberta foi a observação de que o ferro e depois o aço adquirem propriedades semelhantes (magnéticas) quando aproximados a um ímã.

Mais fascinante ainda foi a observação feita por Hans C. Oersted em 1820, na qual uma corrente elétrica percorrendo um fio produziu efeitos magnéticos, detectados através de uma bússola.

Neste trabalho, apresentamos uma discussão do efeito de um campo magnético sobre uma corrente elétrica e como isto pode ser utilizado para a obtenção de trabalho mecânico. Também é apresentado um protótipo experimental para a demonstração do efeito acima. A montagem foi realizada com materiais extremamente simples e permite a observação de importantes características apresentadas na teoria.

### Corrente Elétrica na Presença de um Campo Magnético

Em muitos textos de Eletromagnetismo, a ação de um campo magnético sobre uma corrente é ilustrada através do estudo do movimento de uma barra metálica (percorrida por uma corrente) sobre trilhos em uma região do espaço onde existe um campo magnético (Nussensveig, 1997; Halliday e Resnick, 1994). Em outros, este exemplo é apresentado como um exercício para os

estudantes. Aqui, o exercício foi desenvolvido de maneira prática através da construção de um protótipo e, a partir dele, o

**Hans C. Oersted observou, em 1820, que uma corrente elétrica percorrendo um fio produzia efeitos magnéticos, detectados através de uma bússola**

efeito foi estudado.

O campo de indução magnética  $B$  exerce uma força sobre cargas em movimento, a qual pode ser verificada experimentalmente e quantificada como proporcional à carga  $q$  e à velocidade  $v$  da partícula. Além disso, esta força deve ser perpendicular às direções da velocidade e do campo magnético. Ainda, a intensidade da força é proporcional ao seno do ângulo entre a direção do campo magnético e da velocidade. Dessa forma podemos escrever que

$$F = k q v B \sin \phi, \quad (1)$$

na qual  $k$  é uma constante positiva e dependente da escolha do sistema de medida (no MKS,  $k = 1$ ).

O estudo do movimento de uma

.....  
Reginaldo da Silva, Rodrigo P. Macedo, Marcelo G. de Souza e Adenilson J. Chiquito  
Departamento de Física  
Universidade Federal de São Carlos  
.....

---

Neste artigo é descrita a construção de um motor linear para a demonstração direta da ação de um campo magnético sobre uma corrente elétrica, ilustrando claramente os exemplos discutidos em aulas básicas de eletromagnetismo. Adicionalmente, foi incluída uma sofisticação permitindo que o motor funcione como um oscilador. Além disso, verificou-se a operação do motor como um gerador, como previsto pela Lei de Faraday.

partícula sob a ação de um campo magnético pode ser estendido ao caso de  $n$  partículas carregadas (por unidade de volume), por exemplo em um fio condutor. Vamos agora calcular a corrente elétrica e a força à qual estão sujeitos os elétrons neste fio condutor. Para simplificar, vamos estudar o que acontece em uma pequena parte do fio  $\Delta l$ , para depois estender a análise para todo o condutor. Supondo que as cargas percorrem um comprimento muito pequeno (infinitesimal)  $\Delta l$  em um fio cuja seção transversal tenha área  $A$ , a densidade de corrente (corrente por unidade de área) pode ser escrita como

$$j = -n q \langle v \rangle, \quad (2)$$

na qual  $\langle v \rangle$  é a velocidade média das partículas. Pode-se definir agora uma "densidade de força", exercida sobre cada carga, como

$$f = -n q \langle v \rangle B \sin \phi = j B \sin \phi. \quad (3)$$

Levando em conta um volume  $A \Delta l$  do fio, a força sobre uma carga neste volume é

$$dF = f A \Delta l = j A \Delta l B \sin \phi, \quad (4)$$

e como

$$i = j A, \quad (5)$$

chegamos à intensidade da força exercida por um campo magnético sobre um corrente, ou seja,

$$dF = i \Delta l B \sin \phi, \quad (6)$$

e a força total sobre a haste móvel será, portanto

$$F = i B \sin \phi (\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 \dots \Delta l_n). \quad (7)$$

Um exemplo usual de aplicação freqüentemente utilizado para ilustrar esta equação é aquele em que uma haste metálica móvel, de comprimento  $L$ , sobre dois trilhos, é percorrida por uma corrente constante  $i$  em uma região do espaço onde há um campo magnético como visto na Figura 1. É interessante notar que um exercício semelhante a este foi proposto na segunda fase da prova de Física do vestibular da Fuvest de 2003 (<http://www.fuvest.br>).

A partir da Eq. (7) pode-se, em princípio, calcular a força exercida por um campo magnético em uma dada corrente elétrica. A aplicação desta equação em nosso caso particular será

descrita juntamente com a análise e discussão dos resultados obtidos em nossos experimentos, dados a seguir.

## Montagem e Discussão

### Montagem

A idéia da montagem é fielmente baseada no modelo mostrado anteriormente. Assim, nosso interesse concentrou-se na construção de um protótipo que fosse uma "cópia" da Figura 1, evitando complicações de ordem técnica e permitindo ao estudante uma transposição visual direta do que é estudado em um livro-texto para a prática.

Inicialmente, foram dispostos os dois trilhos por onde deve rolar uma haste metálica por ação do campo magnético quando percorrida por uma corrente constante. Os trilhos foram contruídos usando uma cantoneira de alumínio de 1 mm de espessura e com comprimento de 15 cm e foram fixados por meio de parafusos em uma base de acrílico transparente, que serve de sustentação para todo o aparato (Figura 2). A haste metálica móvel foi construída com um tubo de alumínio de 3 mm de diâmetro externo. Vale ressaltar que a barra precisa ser de um material não ferromagnético, alumínio por exemplo, para que os efeitos do campo magnético sejam mais pronunciados sobre a corrente elétrica que flui através da haste. O campo magnético foi obtido usando um ímã circular (ímã de alto-falante) preso na base de

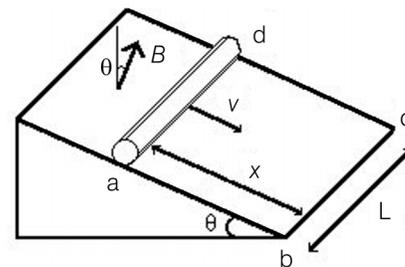


Figura 1. Exemplo de dispositivo no qual pode-se ver facilmente a ação do campo magnético sobre uma haste que conduz corrente elétrica imersa numa região do espaço onde existe um campo magnético.

campo magnético não atrapalha o nosso experimento, mas provoca uma variação da força dada pela Eq. (7), associada à variação do campo.

Na montagem do protótipo, algumas sofisticações, embora simples, foram implementadas com o objetivo de melhorar a visualização do efeito. Foi dada uma pequena inclinação à base, formando com a horizontal um ângulo  $\theta = 3,5^\circ$ . Não há nada de especial com o valor do ângulo usado, apenas foi escolhido o que apresentou melhores resultados. A inclinação tem um duplo efeito: primeiro, a ação do campo magnético sobre a corrente pode ser usada como uma fonte de trabalho mecânico, e isto pode ser observado claramente, uma vez que para a haste metálica subir a rampa, somente a força magnética está agindo e compensando a força peso; segundo, tem-se uma forma visual de mostrar o efeito sem duplas interpretações (alguém

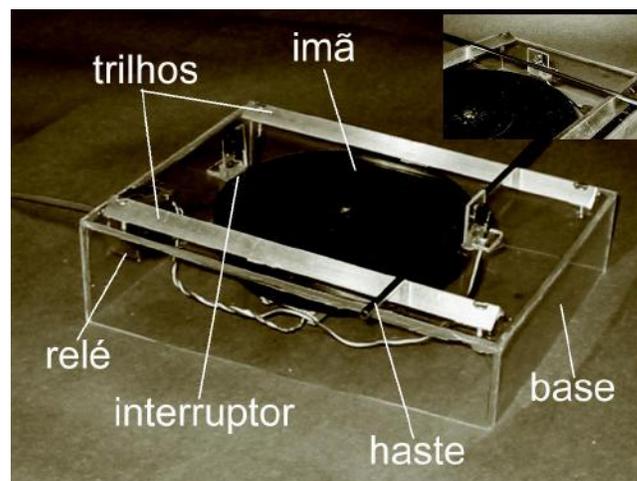


Figura 2. Montagem completa do aparato. Vê-se a base de acrílico com uma pequena inclinação, os trilhos e a haste. Preso no acrílico está o ímã circular. Em detalhe está um dos interruptores e a haste em repouso na posição mais baixa do trilho.

poderia sugerir que é o operador do sistema que inicia o movimento da haste sobre os trilhos!). Além da inclinação, um circuito elétrico baseado em um relé e em dois interruptores (retirados dos botões de leitores de disquetes 1,44 Mb usados) foram usados, como aparece na Figura 3. Este circuito tem a finalidade de interromper a corrente através da haste assim que esta atinge o ponto mais alto do plano inclinado. Neste caso,  $F_{\text{mag}} = 0$ , e a força peso faz a haste rolar até o ponto mais baixo dos trilhos, onde uma nova chave religa a corrente através da haste, fazendo  $F_{\text{mag}} = i L B$ , sendo  $L$  a distância entre os trilhos. Assim, temos uma oscilação aparente no movimento da haste (ver detalhes na Figura 2).

A alimentação do circuito de chaveamento e o fornecimento da corrente para a haste foram conseguidos com uma fonte de um computador antigo, mas nada impede a utilização de outras fontes de energia.

## Discussão

Dada a Eq. (7) e de acordo com a Figura 1, percebe-se que na haste o fluxo de elétrons tem velocidade cuja direção é perpendicular ao campo  $B$  e assim  $\sin \phi = \sin(90^\circ) = 1$ , e a força resultante tem o sentido mostrado na figura anterior. Com isso, somando todos os termos  $\Delta l$  na Eq. (7), teremos a força resultante sobre o comprimento total ( $L$ ) da haste:

$$F = i L B.$$

Devido à inclinação da rampa, a força resultante durante a subida agindo no sistema pode ser escrita como

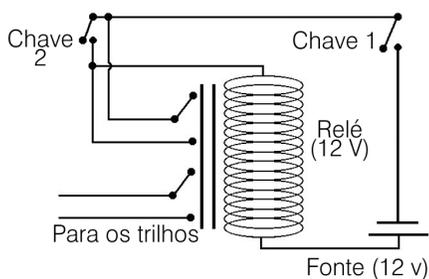


Figura 3. Detalhe do circuito elétrico que permite que a haste suba e desça a rampa automaticamente. A tensão de 12 V é retirada da fonte usada para alimentar os trilhos. O relé é do tipo comercial usado em circuitos eletrônicos. As chaves foram retiradas de leitoras de disquetes antigas.

(lembre-se, o ímã está preso na placa de acrílico inclinada, como mostrado na Figura 2)

$$F = i L B - m g \sin \theta, \quad (8)$$

e em uma situação de equilíbrio, o valor do campo magnético  $B$  local pode ser determinado, uma vez que a força resultante é nula:

$$B = \frac{m g \sin \theta}{i L}. \quad (9)$$

A Eq. (9) tem validade quando a haste fica imóvel em uma posição da rampa, onde a força magnética é contrabalanceada pela componente da força peso. O campo magnético não é uniforme sobre toda a superfície do ímã, e assim não podemos usar a medida da corrente como uma forma confiável de determinação da intensidade do campo, permitindo apenas uma aproximação para o valor de  $B$ . Em nosso experimento observamos que a haste mantinha-se em equilíbrio quando  $i = 0,8$  A,  $L = 1,47$  mm e  $m = 6,78$  g. Usando estes valores e a Eq. (9) obtivemos  $B = 35$  mT. Apesar de desconsiderarmos as forças dissipativas, como o atrito e a variação do campo magnético ao longo do trilho, o valor obtido está razoável se comparado com o medido pelo gaussímetro comercial (erro aproximado de 20%). A rigor, outro fator que deveria ser considerado como fonte de erro é a corrente induzida pelo movimento da barra na região com campo magnético, como explicado pela Lei da Indução de Faraday (Nussensveig, 1997).

Lembrando desta mesma Lei, durante o movimento de descida da haste, o nosso motor transforma-se em um gerador de corrente, pois a área varrida pela haste produz uma variação do fluxo de campo magnético, induzindo uma corrente nos trilhos! Esta corrente pode ser facilmente calculada: o fluxo do campo magnético através do retângulo 'abcd' (Figura 1) pode ser escrito como

$$\phi_B = B x L, \quad (10)$$

em que  $x$  é a distância percorrida pela haste durante o movimento, e o produto  $x L$  indica a área que está sendo varrida pela haste ao mover-se. Para percorrer toda a distância  $x$ , a haste deve levar um tempo  $T$  com uma velocidade média  $x/T$ . Podemos dividir

a distância  $x$  em tamanhos  $\Delta x$  que podem ser tão pequenos quanto desejarmos. Neste caso, a haste leva um tempo  $\Delta t$  para deslocamento  $\Delta x$ , portanto com velocidade  $\Delta x/\Delta t$ . Usando este procedimento na Eq. (10), ou seja, calculando a variação do fluxo em função da velocidade, teremos

$$\frac{\Delta \phi_B}{\Delta t} = B L \frac{\Delta x}{\Delta t} = B L v.$$

O produto  $B L v$  é exatamente a tensão (que chamaremos de  $\varepsilon$ ) que aparece entre os trilhos devido ao movimento da haste sobre os mesmos. A corrente total que atravessa o circuito devida à diferença de potencial  $\varepsilon$  é simplesmente

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B L v}{R}, \quad (11)$$

na qual  $R$  é a resistência do retângulo. Assim, basta determinar a velocidade e medir a resistência do circuito para calcular a corrente induzida pelo movimento da haste. Em 50 tomadas do tempo de descida, obtivemos  $v \sim 1,5$  cm/s. Como o contato elétrico entre a haste e os trilhos não é bom durante o movimento, a resistência do circuito pode chegar a valores elevados (às vezes, da ordem de M $\Omega$ ). Para determinar aproximadamente o valor da resistência do nosso circuito, conectamos um ohmímetro nos trilhos e fizemos 50 lançamentos da haste, obtendo  $R \sim 17$  k $\Omega$ . Usando estes valores na Eq. (11) com  $B = 35$  mT, encontramos  $i = 8 \times 10^{-8}$  A, que é um valor relativamente pequeno.

Para verificar este valor de corrente, utilizamos um amperímetro de alta precisão, conhecido como eletrômetro (modelo Keithley 610C). Assim, medimos uma corrente induzida  $i \approx 10^{-8}$  A, verificando assim que o movimento relativo entre um condutor e um campo magnético produz uma corrente elétrica e em bom acordo com nossos cálculos. O pulso de corrente no medidor, detectado durante a descida da haste pela rampa, não foi observado quando repetimos o mesmo procedimento sem o ímã sob a base, como é obviamente esperado pela Lei de Faraday.

## Referências

- Nussensveig, H.M. *Física 3 - Eletromagnetismo*. São Paulo: Edgard Büchler, 1997.  
Halliday, D. e Resnick, R. *Física 3*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994.



.....  
**Ildeu de Castro Moreira**  
 Instituto de Física  
 Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 .....

### **Quebra de simetria**

"Porco engordado de meia, engorda mais do lado do sabido."  
 "A grama do vizinho é sempre mais verde."  
 "A cabra da vizinha dá mais leite do que a minha."  
 "Pau que nasce torto, até a cinza é torta."

### **A impenetrabilidade da matéria**

"Dois pés não cabem em um sapato."  
 "Dois sóis não cabem no mundo."  
 "Dois tatus machos não moram num buraco."

### **Lugar natural das coisas**

"Lugar de pesado é o chão."  
 "Das telhas para cima, só Deus e os gatos."

### **O valor da experiência**

"Mais se sabe por experiência do que por aprender."  
 "A experiência vale mais que a ciência."

### **A importância da dúvida**

"Nada duvida quem nada sabe."

### **A passagem do tempo (e seus efeitos)**

"Não há mal que o tempo não cure."  
 "Não há despesa maior que a do tempo."  
 "Não há mão que agarre o tempo."  
 "Quem tempo tem e tempo espera, tempo perde."  
 "Tempo e maré não esperam por ninguém."  
 "Tempo perdido não se recupera."  
 "Tudo no mundo tem fim."  
 "O tempo devora tudo."

Em versos

"O tempo é senhor de tudo,  
 Sem tempo nada se faz,  
 Tempo dá e tempo tira,  
 Tempo leva e tempo traz."

### **Conhecimento topológico**

"Não há dois altos sem uma baixa no meio."  
 "Não há subida sem descida."

---

O conhecimento popular sobre a natureza e sobre a psicologia humana sempre surpreendeu a Ciência em geral e a Física em particular. Este trabalho registra um pouco desse conhecimento, classificando-o de acordo com sua área no contexto da Física.

## Princípio da causalidade

“Não há efeito sem causa.”

## Causalidade e ação gravitacional

“Pelas luas se tiram as marés.”

## Pesos e medidas

“Dois pesos, duas medidas.”

“O mal entra às braçadas e sai às polegadas.”

“Tudo na vida quer tempo e medida.”

## Sensibilidade às condições iniciais

“Pequenos efeitos produzem grandes causas.”

“Pequeno machado derruba grande árvore.”

## Os efeitos do atrito

“Pedra que rola não cria limo.”

## Condução elétrica

“Raio não cai em pau deitado.”

## Efeitos da tecnologia

“Telegrama e trilho de ferro foram os que trouxeram a carestia.”

## Propriedades da matéria

“Penico de barro não dá ferrugem.”

## Variedade dos fenômenos

“Tudo pode ser, sem ser milagre.”

## Conservação da energia

“Quem trabalha de graça é relógio; assim mesmo é porque lhe dão corda e ele não faz força...”

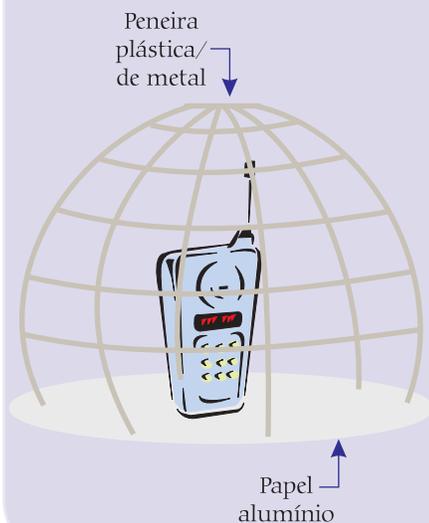
## Celular: Como ficar sem serviço?

### Material

- Peneira metálica
- Peneira de plástico
- Papel alumínio
- Dois celulares
- Rádio de Pilha

### Procedimento

Coloque o celular ligado entre o alumínio e a peneira de plástico e ligue para aquele celular. Depois



troque a peneira de plástico pela de alumínio e torne a ligar.

### Observe que

Para nossa surpresa, na peneira metálica o celular fica sem serviço, não toca, o que pode ser constatado também no visor digital do aparelho.

### Explicação

A peneira metálica funciona como uma Gaiola de Faraday. A onda eletromagnética é absorvida pela peneira, em cuja superfície aparece uma corrente elétrica nula, blindando assim o espaço entre o celular e o papel alumínio e impedindo a recepção do sinal via onda eletromagnética.

### Tópicos de Discussão

- Espectro eletromagnético
- Microondas
- Ondas eletromagnéticas
- Blindagem
- Frequência, comprimento de onda e velocidade da luz (uma onda eletromagnética)



### Questões

Qual é o tamanho máximo da malha da peneira para que o celular não funcione? (Dica: experimente calcular, com auxílio do manual do celular, a faixa de comprimento de onda usada pelos celulares).

Que tal tentar o mesmo experimento com seu radinho de pilha, fazendo o mesmo cálculo anterior com a frequência da sua estação preferida?

Vinício Cappellano De Franco  
Francisco Catelli  
Scheila Vicenzi  
Universidade de Caxias do Sul,  
Escola Estadual de  
Ensino Médio Santa Catarina  
Vcfranco@uol.com.br



# O Problema do Ensino da Órbita da Terra

.....  
**João Batista Garcia Canalle**  
Instituto de Física da Universidade  
Estadual do Rio de Janeiro  
canalle@uerj.br  
.....

**S**empre que os livros didáticos do ensino fundamental ensinam a trajetória da órbita da Terra ao redor do Sol, desenham uma figura tal qual a Figura 1. Os livros de Física do Ensino Médio usam a mesma figura quando explicam as leis de Kepler. A posição do Sol dentro desta elipse varia conforme o livro, mas pode ir da posição central até um ponto muito próximo da própria órbita ao longo do eixo maior da mesma.

**Pelos dados observacionais de Tycho Brahe, Kepler descobriu que as órbitas dos planetas eram elípticas com baixíssima excentricidade, e não circulares, como até então se acreditava**

A forma das órbitas dos planetas foi um problema resolvido por Johannes Kepler (1571–1630), o qual utilizou os dados observacionais de melhor precisão que existiam na época (pré-telescópica) e que foram obtidos pelo astrônomo Tycho Brahe (1546–1601), que vivia em Praga. Estes dados observacionais de alta precisão foram fundamentais para Kepler descobrir que as órbitas eram elípticas e não circulares como até então se acreditava, pois elas são elipses de baixíssima excentricidade, ou seja, são quase circulares.

Os aspectos históricos das descobertas das leis de Kepler estão descritos

nos excelentes artigos *Entrevista com Tycho Brahe* e *Entrevista com Kepler*, de Medeiros (2001 e 2002 respectivamente) publicados neste mesmo periódico, bem como nas referências daqueles artigos.

Sendo a força que rege o movimento dos corpos celestes uma força central, ou seja, ela é proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional

ao quadrado da distância que os separam, podemos demonstrar que as órbitas de planetas, cometas, satélites, estrelas, galáxias etc., movendo-se sob ação da força gravitacional somente podem ter trajetórias elípticas, parabólicas ou hiperbólicas. No caso dos planetas, elas são todas elípticas e podemos determinar precisamente a excentricidade delas, mas não sabemos explicar as origens desta baixa excentricidade, exceto que estão relacionadas com as origens do sistema solar. A dedução das equações das trajetórias dos corpos celestes pode ser encontrada em qualquer livro de Mecânica, como, por exemplo, Lucie (1979).

Não temos aqui o objetivo de analisar os erros de nenhum livro didático em particular, pois isto já foi feito em várias publicações, como por exemplo em Trevisan, Lattari e Canalle (1997), Canalle, Trevisan e Lattari (1997), Canalle (1998ab), Bizzo (1996).

Certamente o desenho representado pela Figura 1 é útil didaticamente quando queremos explicar a Lei das Áreas ou a Lei dos Períodos e até mesmo a Lei das Órbitas de Kepler, contudo, uma

Este trabalho foi motivado pela reação inesperada de centenas de professores participantes da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), quando afirmamos no gabarito da IV OBA, realizada em 2001, que a órbita da Terra é quase um círculo. Neste trabalho desenhamos um conjunto de 14 elipses “de referência” com diferentes excentricidades para ilustrar o “achatamento” da órbita/elipse em função da excentricidade. Mostramos também a excentricidade das órbitas dos planetas, as evidências contra a alta excentricidade das órbitas dos planetas, como desenhar elipses com determinadas excentricidades e finalmente como determinar a excentricidade de elipses já desenhadas.

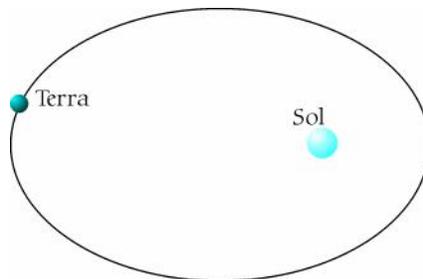


Figura 1. Figura usualmente encontrada em livros didáticos para ilustrar a órbita da Terra.

informação completamente errada acaba sendo transmitida involuntariamente por professores e autores de livros didáticos, ou seja, a de que a órbita da Terra, por exemplo, tem realmente este formato. Este é um erro grave, pois leva alguns professores e muitos alunos à automática conclusão de que o verão ocorre justamente quando a Terra passa mais próxima do Sol. Interessantes trabalhos já foram escritos sobre este erro conceitual, veja por exemplo, Caniato (1983).

Na tentativa de esclarecer o erro que involuntariamente livros e professores transmitem ao desenharem as órbitas dos planetas tal como indica a Figura 1, os organizadores da IV Olimpíada Brasileira de Astronomia (IV OBA) introduziram a questão 5, na prova nível I (1ª a 4ª série) e a mesma questão, mas de número 7, na prova de nível II (5ª a 8ª série), da IV OBA, realizada em 2001 (Canalle *et al.* 2002). No quadro abaixo reproduzimos a referida questão. Na Figura 2 o desenho da esquerda, preenchido de azul e com o ponto preto quase no centro dele já representa a resposta dada no gabarito da respectiva questão (as provas e gabaritos de todas as OBAs podem ser obtidas em <http://www.oba.org.br>).

Participaram da IV OBA 46.554 alunos; 16.002 pertenciam ao nível I

(1ª a 4ª série) e 24.832 pertenciam ao nível II (5ª a 8ª série do Ensino Fundamental) e, portanto, todos eles tiveram a questão 5 (ou 7) acima transcrita diante deles. A Comissão Organizadora Nacional da IV OBA não recebeu fisicamente todas estas provas e sim apenas as 10 melhores provas de cada nível, de cada escola. Isto já representa um número estatisticamente bem significativo. Constatamos que quase 100% dos alunos concentraram suas respostas nas duas últimas elipses da direita da Figura 2, ou seja, justamente as duas mais excêntricas. Além desta concentração de respostas errôneas nas duas elipses mais excêntricas, nos chamou a atenção o grande número de e-mails e telefonemas de professores contestando a afirmação da nossa resposta de que a figura que melhor representava a órbita de Terra ao redor do Sol seria a primeira da esquerda para a direita da Figura 2. Diante deste quadro de evidente arraigado erro conceitual sobre a real forma da órbita da Terra e da órbita dos outros planetas, resolvemos escrever este trabalho, o qual contém a resposta ampliada que tivemos que dar aos professores participantes da IV OBA e outras informações complementares, tal como por exemplo, como desenhar, com a excentricidade desejada, uma elipse usando

um simples barbante, ou simplesmente a mão livre, ou um editor de texto tipo Word, a visualização de elipses de diferentes excentricidades, a excentricidade das órbitas de todos os planetas e como determinar a excentricidade de elipses já desenhadas medindo o comprimento do seu eixo maior e eixo menor.

## Visualizando as Elipses e suas Respectivas Excentricidades

Não pretendemos aqui fazer um detalhado estudo sobre a elipse, pois isto está feito em qualquer livro de geometria, como por exemplo em Iezzi e Dolce (1972). Vamos a seguir definir a elipse e depois visualizar a forma dela em função de sua excentricidade, para que, sabendo a excentricidade da órbita de um planeta ou cometa, seja possível, rapidamente, visualizar a forma correta da sua órbita.

Dados dois pontos quaisquer, de um mesmo plano, chamados de focos e representados por  $F_1$  e  $F_2$ , separados pela distância  $F$ , a elipse é o conjunto dos pontos  $P$  tal que a soma da distância de  $P$  até  $F_1$  (representemos por  $PF_1$ ) mais a distância de  $P$  até  $F_2$  (representemos por  $PF_2$ ) é uma constante, que chamaremos de  $A$ , a qual nada mais é do que o comprimento do eixo maior da elipse. A perpendicular ao eixo maior, passando pelo centro da elipse, é o eixo menor da mesma e representaremos seu comprimento por  $B$ . Na Figura 3 representamos estas definições. Matematicamente temos, das definições acima que:  $PF_1 + PF_2 = A$ .

Porém, o parâmetro mais usado quando queremos expressar a forma de uma elipse é a sua excentricidade (“achatamento”), a qual é definida pela razão entre  $F$  (distância entre os focos) e  $A$  (comprimento do eixo maior) e chamamos esta razão de  $e$ . Algebricamente ela é dada por

$$e = \frac{F}{A} \quad (1)$$

A excentricidade de uma elipse é dada, portanto, por um número que varia entre 0 e 1, ou seja,  $0 < e < 1$ . A excentricidade será zero quando  $F_1$  e  $F_2$  forem coincidentes, ou seja, a distância  $F$  será igual a zero, e eles estarão exatamente no centro da elipse e esta será chamada, neste caso particular, de

**Questão:** Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol. Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

**a)** Pinte (de qualquer cor) a figura que na sua opinião melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

**b)** Na figura que você escolher no item (a) desenhe o Sol (basta fazer um ponto) no lugar que melhor representa o lugar que ele deve ocupar.

Observação: Não existe nenhum efeito de perspectiva nas figuras. Outra coisa: infelizmente existem muitos livros que ilustram de forma errada o movimento da Terra ao redor do Sol. Esperamos que você não tenha estudado em um livro com esse problema.

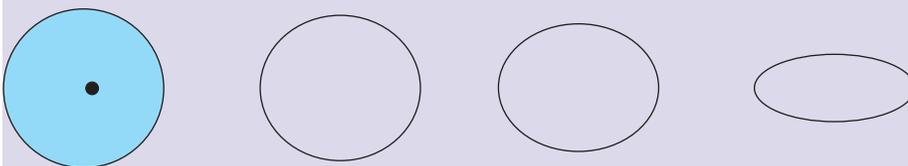


Figura 2. Elipses usadas na questão 5, na prova nível I (1ª à 4ª série) e a mesma questão, mas de número 7, na prova de nível II (5ª à 8ª série), da IV OBA.

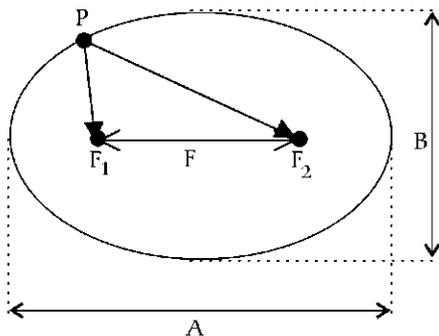


Figura 3. Representação de uma elipse com os focos  $F_1$  e  $F_2$  e seus eixo maior  $A$  e eixo menor  $B$ .

círculo. No outro extremo, quando a distância entre  $F_1$  e  $F_2$  aumentar a tal ponto de se aproximar do comprimento do eixo maior,  $A$ , da elipse teremos a excentricidade se aproximando de 1 e a elipse será quase tão achatada quanto uma reta.

Note que a excentricidade define a forma da elipse. O tamanho da elipse depende de quão grande ou pequena queremos desenhar a elipse. Ou seja, se precisarmos desenhar uma elipse de excentricidade qualquer, precisaremos escolher, **arbitrariamente**, o tamanho da elipse, ou seja, o comprimento do eixo maior  $A$ .

Para termos uma idéia da forma da elipse em função da excentricidade, vamos desenhar 14 elipses com as excentricidades dadas na Tabela 1. Como normalmente queremos representar o Sol nestas elipses, o qual ocupa um dos focos, vamos indicar também a distância entre o centro da elipse e a posição de um dos focos da elipse e vamos representá-la por  $f$ .

Na Figura 4 todas as elipses têm o mesmo comprimento para o seu eixo maior, o qual escolhemos arbitrariamente como sendo igual a 4,0 cm. A excentricidade de cada elipse está abaixo de cada uma delas.

A figura com  $e = 0,0$  é uma elipse particular que chamamos de círculo, pois não tem nenhum achatamento, mas também é imperceptível qualquer achatamento para a figura com  $e = 0,1$  e também é quase imperceptível

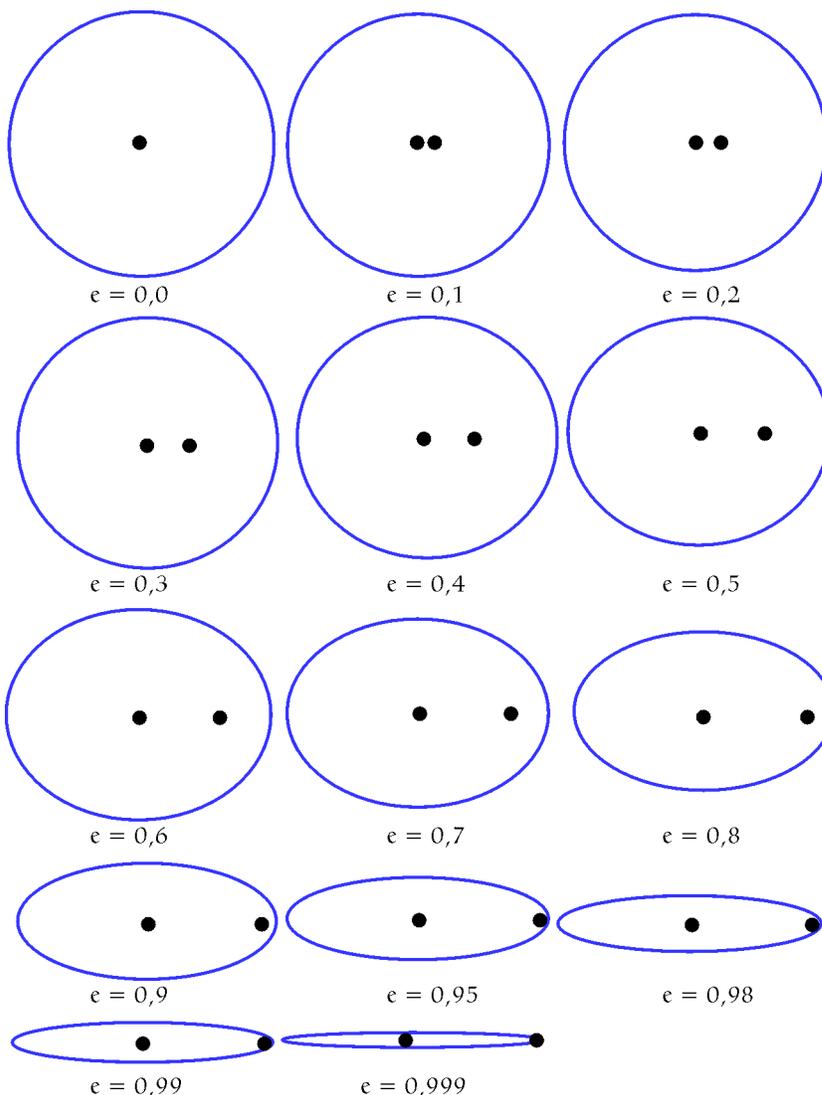


Figura 4. Desenho em escala correta de 14 elipses com as excentricidades dadas na Tabela 1. A distância entre o foco (ponto à direita dentro das elipses) e o centro delas (ponto no centro das elipses) cresce com o aumento da excentricidade. A distância entre o centro e o foco é dada por  $f$  e está relacionada na Tabela 1.

qualquer achatamento para as figuras com  $e = 0,2$  e com  $e = 0,3$ .

### A Excentricidade das Órbitas dos Planetas

Os valores das excentricidades das órbitas dos planetas estão na Tabela 2. Note que a maior excentricidade é a da órbita do planeta Plutão cujo valor é  $e = 0,25$ .

A Figura 5 mostra as elipses que representam as órbitas dos 9 planetas

do sistema solar. Elas foram calculadas usando os dados da Tabela 2. Observe que todas as elipses da Figura 5 possuem eixo maior igual a 4 cm, o qual foi escolhido arbitrariamente por nós. O ponto central em cada elipse representa o centro da elipse e o ponto à direita dele é um dos focos  $f$  da elipse, o qual é ocupado pelo Sol. A distância entre o centro e foco está dada na Tabela 2 e foi calculada usando a relação  $f = eA/2$ .

Tabela 1. Na primeira linha são dados os valores de 14 diferentes excentricidades e na segunda linha as respectivas distâncias do centro da elipse a um dos seus focos.

$e$	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
$f$ (cm)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	1,90	1,96	1,98	1,99

Tabela 2. Na segunda linha estão as excentricidades das órbitas dos planetas; na terceira linha está a distância ( $f$  (mm)) do centro da elipse de eixo maior igual a 4,0 cm até o seu foco.

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
$e$	0,2	0,07	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009	0,25
$f$ (mm)	4,0	1,4	0,4	1,8	1,0	1,2	1,0	0,2	5,0

### Evidências Observacionais da Baixa Excentricidade da Órbita da Terra

Uma evidência de que a órbita da Terra não é tão achatada (excêntrica) quanto aparece nos livros didáticos é o fato de vermos o Sol sempre com o mesmo tamanho. Se a órbita da Terra fosse tão excêntrica, quanto, por exemplo,  $e = 0,8$  ou  $e = 0,9$ , teríamos que ver o tamanho aparente do Sol mudar ao longo do ano. Quando próximo dele, deveríamos vê-lo enorme (e morreríamos de calor) e quando distante dele o veríamos pequeno e morreríamos

congelados (os dois hemisférios da Terra simultaneamente). Além disso, quando próximo teríamos marés enormes e quando distante teríamos somente as marés devido à atração gravitacional da Lua. As figuras com  $e = 0,5$  até  $e = 0,99$  representam órbitas típicas de cometas periódicos.

### Desenhando Elipses com a Forma Correta

Quando precisamos desenhar círculos usamos um simples compasso. Apesar de existir o elipsógrafo para se desenhar elipses, ele não é comum ou barato, por isso apresentamos abai-

xo três métodos para se desenhar elipses com a forma correta.

Vamos apresentar nesta seção três métodos para desenhar elipses. O primeiro é chamado 'método do jardineiro' e apesar de conhecido, geralmente falta à sua descrição os detalhes que daremos abaixo para que seja possível construir elipses com determinadas excentricidades. Para o segundo método, usamos uma régua e "mão livre", no qual temos uma elipse bem esboçada com a excentricidade desejada. No terceiro método usamos as ferramentas do editor de texto "Word" (ou mesmo para editores similares).

### Método do Jardineiro

Inicialmente apresentaremos os procedimentos para desenharmos uma elipse com uma excentricidade, por exemplo de  $e = 0,2$ , usando o método do jardineiro. Note que a excentricidade  $e = 0,2$  corresponde exatamente à excentricidade da órbita do planeta Mercúrio.

1º) Escolher o tamanho do eixo maior ( $A$ ) da elipse, e isso é arbitrário. Então vamos escolher  $A = 20,0$  cm.

2º) Determinar a distância entre os focos, ou seja, a distância  $F$ . Mas conhecida a excentricidade  $e$  e escolhido o comprimento do eixo maior  $A$ , obtemos a distância entre os focos  $F$  usando a Eq. (1), ou seja,

$$F = eA. \quad (2)$$

Para os valores usados neste exemplo,  $e = 0,2$  e  $A = 20,0$  cm, temos que  $F = 4,0$  cm.

3º) Descobrir qual é o comprimento  $L$  do barbante a ser usado para desenhar a elipse. Esse comprimento é dado pela soma de  $F$  mais  $A$ , ou seja,

$$L = F + A. \quad (3)$$

4º) Em nosso exemplo,  $A = 20,0$  cm e  $F = 4,0$  cm, logo  $L = 24,0$  cm, assim sendo, é só cortar um pedaço de barbante com pouco mais de 24,0 cm, por exemplo, 28,0 cm, para que quando amarradas as pontas tenhamos na laçada os exatos 24,0 cm.

5º) Em seguida é só abrir um compasso com a separação  $F$  (ou fincar dois pregos separados pela distância  $F$ ), envolver as pontas do compasso com o barbante do item 4 acima e, com um lápis sempre na vertical, e o

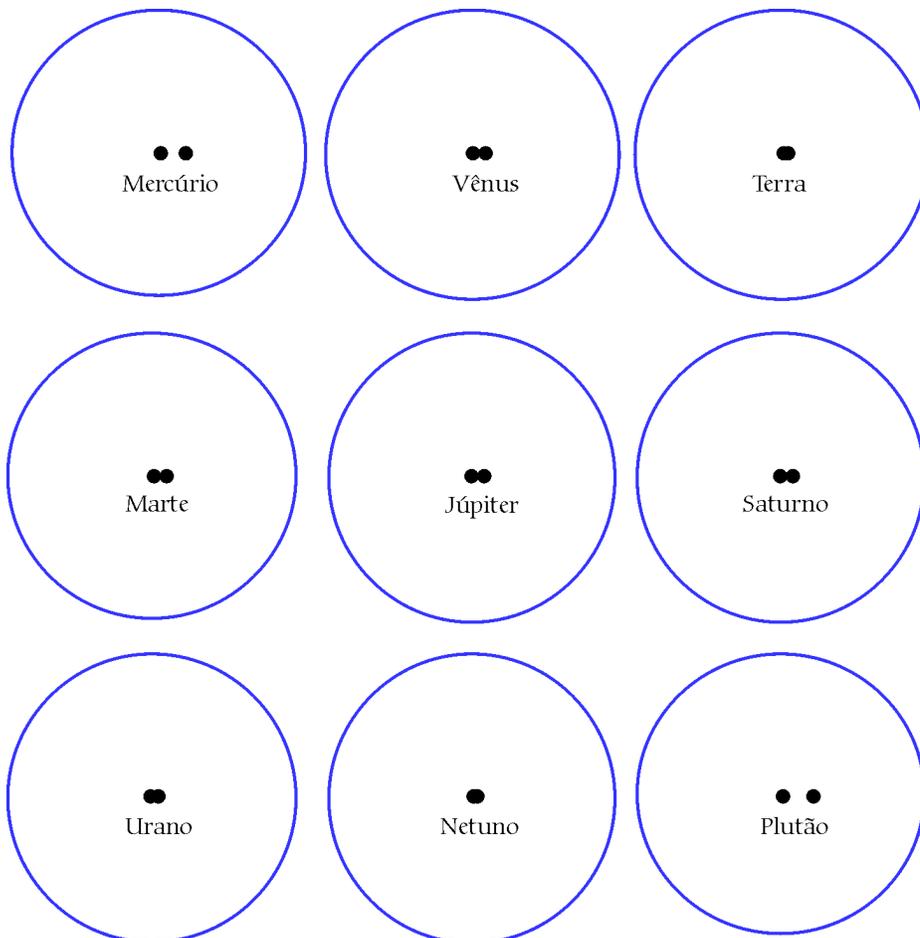


Figura 5. Elipses das órbitas dos 9 planetas desenhadas com eixo maior de 4 cm. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos, o qual é ocupado pelo Sol.

barbante sempre esticado, traçar a elipse, como ilustra a Figura 6.

### Método da mão livre

Neste método, não se dispende de barbante, pregos ou compasso, ainda assim podemos fazer uma boa representação de uma elipse com uma determinada excentricidade. Vamos desenhar uma elipse com excentricidade  $e = 0,8$ , e com eixo maior arbitrariamente escolhido como sendo  $A = 5,0$  cm. Neste método, tudo o que precisamos fazer em seguida é calcular o comprimento do eixo menor,  $B$ , o qual, demonstra-se facilmente, que é dado por

$$B = A\sqrt{1 - e^2}. \quad (4)$$

e traçar os dois eixos da elipse, perpendiculares entre si passando pelo centro da mesma. Usando  $e = 0,8$  e  $A = 5,0$  cm, temos, de acordo com a Eq. (4),  $B = 3,0$  cm. O passo seguinte é desenhar à “mão livre” a elipse contendo os eixos assim calculados e desenhados (veja a Figura 7).

### Usando o editor de texto “Word”

Outra ferramenta simples de ser usada, com resultados perfeitos, é o editor de texto Word (ou similares). Usando o menu Inserir/Figuras/Auto formas/Formas básicas basta clicar sobre a figura da elipse do menu disponível e depois clicar sobre a folha do documento Word e arrastar o cursor para desenhar uma elipse qualquer. Em seguida clique com o botão direito do mouse sobre a elipse assim desenhada para abrir outro menu e nele clique a opção “Formatar auto-forma”. Neste novo menu clique na aba “Tamanho” e insira no retângulo “Altura” o comprimento do eixo menor da elipse,

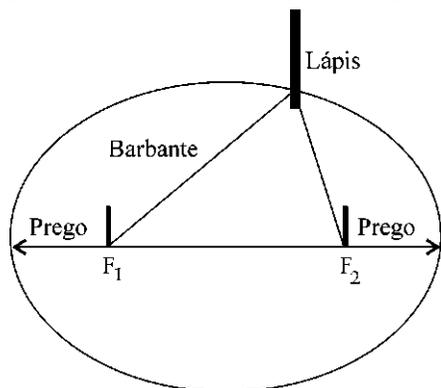


Figura 6. Esquema do método do jardineiro para desenhar uma elipse.

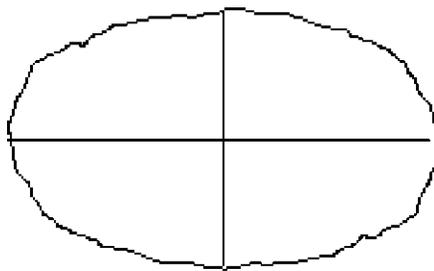


Figura 7. Elipse desenhada a mão livre a partir do eixo maior  $A = 5,0$  cm e eixo menor  $B = 3,0$  cm para que tenha uma excentricidade  $e = 0,8$  cm.

conforme obtido pela Eq. (4) e insira no retângulo “Largura” o comprimento do eixo maior da elipse, o qual, como já escrevemos, é escolhido arbitrariamente. O resultado é uma elipse perfeita, a qual reproduzimos na Figura 8. Comparando-se as Figuras 7 e 8, vemos que o método “mão livre” também gerou uma boa aproximação.

### Determinando a Excentricidade de Elipses já Desenhadas

Usando as informações do item 5, podemos desenhar elipses com a excentricidade que desejarmos. Porém, usando a Eq. (4), após uma ligeira inversão obtemos a Eq. (5):

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A}\right)^2}. \quad (5)$$

Usando a Eq. (5), podemos determinar a excentricidade de elipses já desenhadas, bastando para isso medir o comprimento do eixo maior  $A$  e do eixo menor  $B$ . Como exemplo, usando a elipse da Figura 1, da qual não foi dada a excentricidade, medindo o eixo maior  $A$  e o eixo menor  $B$  e usando a Eq. (5) obtemos sua excentricidade como sendo  $e = 0,76$ .

### Conclusões

Neste trabalho ilustramos a forma

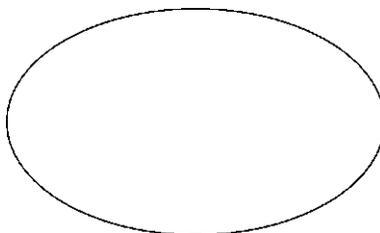


Figura 8. Elipse desenhada com o editor de texto Word com eixo maior  $A = 5,0$  cm e eixo menor  $B = 3,0$  cm, de forma a ter a excentricidade  $e = 0,8$ .

das elipses em função da sua excentricidade, além disso mostramos como desenhá-las na forma correta sabendo-se a excentricidade. Consultando-se a Figura 4 será sempre possível visualizar a forma da elipse para determinada excentricidade. Por outro lado, se desenhada uma elipse, podemos, simplesmente medindo seus eixos maior e menor e usando a Eq. (5), determinar sua excentricidade. Esperamos que o arraigado erro conceitual de que a órbita da Terra tem formato similar ao da Figura 8 seja corrigido. Tendo o professor do ensino fundamental ou médio e mesmo aqueles do ensino superior, as técnicas de desenhar elipses com a forma correta em função da excentricidade, poderíamos não mais propagar involuntariamente o tradicional erro de que a órbita da Terra e dos demais planetas seja tão achatada quanto mostra a Figura 8.

### Referências

- Bizzo, N. Graves erros de conceitos em livros didáticos de Ciência. *Ciência Hoje*, v. 121, n. 21, p. 26-35, 1996.
- Canalle, J.B.G.; Trevisan, R.H. e Lattari, C.J.B. Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 3, p. 254-264, 1997.
- Canalle, J.B.G. O livro didático de geografia e seu conteúdo de astronomia. *Revista Geuerj*, v. 4, p. 73-81, 1998a.
- Canalle, J.B.G. Técnicas de análise de livros didáticos do 1º grau e dos seus conteúdos de Astronomia. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, v. 17, n. 3, p. 37-41, 1998b.
- Canalle, J.B.G.; da Silva, A.R.; de Medeiros, J.R.; Lavouras, D.F.; Dottori, H.A. e Martins, R.V. Resultados da IV Olimpíada Brasileira de Astronomia – IV OBA. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, v. 21, n. 3, p. 59-67, 2002.
- Caniato, R. Ato de fé ou conquista do conhecimento. Um episódio na vida de Joãozinho da Maré. *Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira*, 6, n. 2, abril/junho, p. 31-37, 1983 (<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astromonia/atodefeouconquista.htm>)
- Iezzi, G. e Dolce, O. *Geometria Analítica*, Editora Moderna Ltda, 1972, p.179.
- Lucie, P. *Física Básica*, v. 1: *Mecânica*, Editora Campus Ltda, 1979.
- Medeiros, A. Entrevista com Tycho Brahe. *Física na Escola*, v. 2, n. 2, p. 19-30, 2001.
- Medeiros, A. Entrevista com Kepler: Do seu nascimento à descoberta das duas primeiras leis. *Física na Escola*, v. 3, n. 2, p. 20-33, 2002.
- Trevisan, R.H.; Lattari, C.J.B. e Canalle, J.B.G. Assessoria na avaliação do conteúdo de astronomia dos livros de Ciências do primeiro grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 7-16, 1997.



# Olimpíadas de FÍSICA

*Eu ando de skate, surfo e tal... Gosto de saber por que eu consigo fazer as coisas. Por que eu consigo andar de skate, por que ele não sai do meu pé, por que a prancha me dá flutuação...*

Estudante Giulio Capistrani  
Entrevista à repórter Bianca Vasconcelos  
do Jornal da Record

.....  
**José David M. Vianna**  
Pesquisador Associado  
Instituto de Física da  
Universidade de Brasília

**Fábio Fernandes Siqueira**  
Assessor de Comunicação Social  
.....

## A Física em Questão

Jovens do país inteiro estão realizando testes físicos. Porém, não se trata de exercícios de condicionamento ou de práticas esportivas – o assunto em foco é a Física que revelou Einstein. O conhecimento dessa ciência está sendo avaliado em 24 estados do País pela Olimpíada Brasileira de Física (OBF). A competição, organizada pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e com apoio do Conselho Nacional para Desenvolvimento Científico (CNPq), reuniu em sua primeira fase mais de 25 mil alunos.

Uma das principais motivações desses estudantes é a preparação para o vestibular, mas há outro combustível que move essa turma a se dedicar a esta disciplina: a curiosidade. “Fico pensando na Física durante o cotidiano. Às vezes, quando estou tomando banho, fico perguntando: e se eu estivesse em um lugar com outra gravidade?” disse-nos a estudante do Colégio Certus e participante da OBF, Juliana Monteiro.

Incentivar o interesse dos alunos pela Física é uma das principais propostas da OBF, mas a motivação dos professores também é fundamental para o sucesso desse programa.

## Na Sala dos Professores

Recentemente, o ensino de Ciên-

cias no Brasil foi alvo de diversas discussões. No mês de julho deste ano, informações divulgadas pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) intensificaram esse debate, trazendo à tona um problema complexo. Em uma lista de 41 países, avaliando estudantes na faixa etária de 15 anos, o Brasil aparece com o penúltimo desempenho em Matemática e Ciências.

O quadro evidencia que toda iniciativa que contribua para a sua melhoria será bem-vinda. “É fato que um país que quer se desenvolver necessita de educação de qualidade. A Olimpíada é um instrumento de estímulo para o ensino de Ciências no Brasil” confirma o professor Euclides Marega, que coordena a OBF no estado de São Paulo.

A solução efetiva para o ensino envolve diversos fatores. A precária condição de trabalho é uma das principais adversidades enfrentadas pelos educadores, principalmente na rede pública. “Seria bom se estivéssemos amparados pelos órgãos competentes para termos instrumentos adequados e condições de trabalho. Como isso não é possível no momento, temos que utilizar recursos próprios para obter materiais de laboratório, vídeo, computação e atualização de nossos conhecimentos” comenta a professora

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

---

Esta coluna apresenta notícias sobre a Olimpíada Brasileira de Física e outras olimpíadas internacionais.

Elizabeth Tavares, que leciona na Escola Estadual Godofredo Furtado.

Para o professor Wagner Albert de Arruda Medeiros, da Escola Estadual Dr. Vital Fogaça de Almeida, o colégio público está sem credibilidade. “A escola pública está desvalorizada e a Física também está incluída neste pacote. Além das segundas leis de melhoria que não melhoraram nada, existem os professores mal preparados, que somente possuem um diploma mas não têm conhecimento da Física”.

Apesar das dificuldades apontadas, Medeiros observa que são elas que o estimulam a inscrever seus alunos na OBF. “Foi justamente esta descrença da comunidade no ensino público que nos motivou a participar deste evento de grande importância, colocando à mostra o trabalho de nossa escola e, principalmente, de nossos professores”.

O professor está confiante e anuncia uma boa perspectiva para a escola onde trabalha. “Esperamos classificar pelo menos um aluno em cada nível. Se não for possível, valeu como experiência. Mas pode aguardar que no próximo ano não será apenas uma expectativa e sim uma certeza”.

Para a professora Elizabeth Tavares, a OBF é um meio para verificar o interesse dos alunos pela Física e motivá-los. “Acreditamos que o aluno necessita conhecer seus limites e trabalhar para ir além. Os estudantes adoram Ciências, desde que percebam sua importância na realidade em que vivem. Sendo assim, tudo que for proposto para o aluno é sempre bem recebido”.

## Panorama Internacional

Através da Olimpíada Brasileira de Física é possível escalar as seleções que irão representar o Brasil nas duas competições internacionais: A Olimpíada Internacional de Física (IPhO) e a Olimpíada Ibero-Americana de Física (OIBF). Esses eventos não determinam

quem será um grande cientista, mas permitem observar o potencial dos estudantes brasileiros perante outros países. As Olimpíadas Internacionais são também uma boa maneira para se fazer um intercâmbio cultural.

Este ano a IPhO foi realizada em Taiwan. A delegação brasileira retornou com uma menção honrosa conquistada pelo estudante

Jong Woo (SP) que, entre 240 participantes, realizou a 23ª melhor prova experimental da competição.

O seu professor, Ronaldo Fogo, do Colégio Objetivo, afirma que a competição incentiva os alunos a estudarem mais e que essa prática tem revelado jovens promissores. “A ideia de competição desagrada alguns dogmas pedagógicos. Mas posso atestar, nesses últimos anos, que os alunos ficam

mais motivados. Eles se aprofundam em determinados assuntos e às vezes despertam verdadeiras vocações para a área científico-tecnológica”.

O professor Cláudio Behr, representante da OBF no Colégio Etapa, também tem percebido a revelação de novos talentos. Mas observa que a maioria não segue a carreira de Físico. “Às vezes, vejo vários alunos com ótimo potencial serem atraídos para a engenharia ou a área financeira. Eles têm medo de não conseguirem, no futuro, condições para se manter. Isso é uma pena”.

Para Behr, falta espaço no mercado. “Está mais do que provado que um dos quesitos para um país ser considerado de primeiro mundo, é realizar pesquisa em Ciência. Países desenvolvidos investem pesado nessa área por saberem que terão um grande retorno. Infelizmente o Brasil ainda não oferece muitas oportunidades nesse campo”.

**Foi justamente a descrença da comunidade no ensino público que nos motivou a participar deste evento Professor Wagner Albert de A. Medeiros, E.E. Dr. Vital Fogaça de Almeida**



Equipa brasileira na OIBF 2003 (da esquerda para a direita): Iury Bertollo G. Porto (DF), Fernando Capistrano Antunes (CE), Milton Eiji Kato (SP) e Eduardo Higino S. Neto (PE)



Delegação brasileira na IPh 2003 (da esquerda para a direita): Professor Euclides Marega Junior, Leonardo Bruno Lima (CE), Rodrigo Kendy Yamashita (SP), Thiago Miranda Quixadá (CE), Bruno Lucas Soares (CE), Jong Woo Jin (SP) e o professor Ronaldo Fogo.

Ronaldo Fogo tem a mesma opinião: “Os países mais desenvolvidos têm programas de milhares de dólares para garimpar talentos nessa área. Acho que as Olimpíadas, com um custo bem menor, têm realizado muito bem esse serviço” acrescenta.

### O Brasil na Ibero e a Ibero no Brasil

Este ano, a Olimpíada Ibero-Americana de Física foi realizada em Cuba, reunindo 71 estudantes, dos quais apenas 14 receberam medalhas. A equipe brasileira retornou com duas de bronze conquistadas por Eduardo Higino (PE) e Iury Bertollo (DF), e uma menção honrosa entregue a Fernando Capistrano (CE).

O Professor de Eduardo Higino, Jomar Matos, comenta que a conquista do estudante pernambucano é fruto de muito trabalho. A primeira etapa é a divulgação. “Eu vou às salas de aula e pergunto quem quer participar, depois reúno um grupo interessado e começo, a partir de agosto, a dar aulas específicas para as Olimpíadas”.

Ele acredita que o interesse dos alunos pela Física depende da maneira como a disciplina é apresentada. “As

aulas à parte despertam o interesse e muitos que não tinham, de repente, se envolvem e enxergam na Física uma aplicação. Sempre levo os alunos à Universidade para que eles vejam a Física na prática. Visitamos a parte de medicina e outras áreas onde é possível verificar essa aplicação”.

O brasiliense premiado com medalha na OIBF, Iury Bertollo, foi preparado pelo professor da Universidade de Brasília, Antônio Carlos Pedroza. O professor da UnB ressalta

as principais dificuldades para o desenvolvimento de atividades que mostrem a Física na prática. “O ensino científico no Brasil é decepcionante. No Ensino Médio, além do nível do professor, não há laboratórios ou recursos para a elaboração dos experimentos”.

Pedroza, que também é Coordenador Estadual da OBF no Distrito Federal, destaca algumas ações desenvolvidas pela Sociedade Brasileira de Física que, na opinião dele, estão cooperando para a mudança desse contexto. “A realização da OBF nas Escolas, os congressos científicos, a divulgação dos resultados alcançados por cientistas brasileiros e a publicação de revistas científicas como a *Revista Brasileira de Ensino de Física* são altamente influentes para despertar e manter o interesse pela Física e seu aprendizado”.

Em 2004, o Brasil receberá 19 países da América Latina, mais Portugal e Espanha, pois será sede da OIBF. “Isso com certeza fortalecerá a Olimpíada Brasileira de Física, não só em relação às escolas do Ensino Médio mas, principalmente, aos órgãos financiadores nacionais” disse o professor e membro do Comitê Organizador da IX Olimpíada Ibero-Americana de Física, Carlito Lauriucci. No mês de novembro a OBF realizará a sua última fase. Dessa etapa sairão os campeões nacionais e os indicados às disputas internacionais.

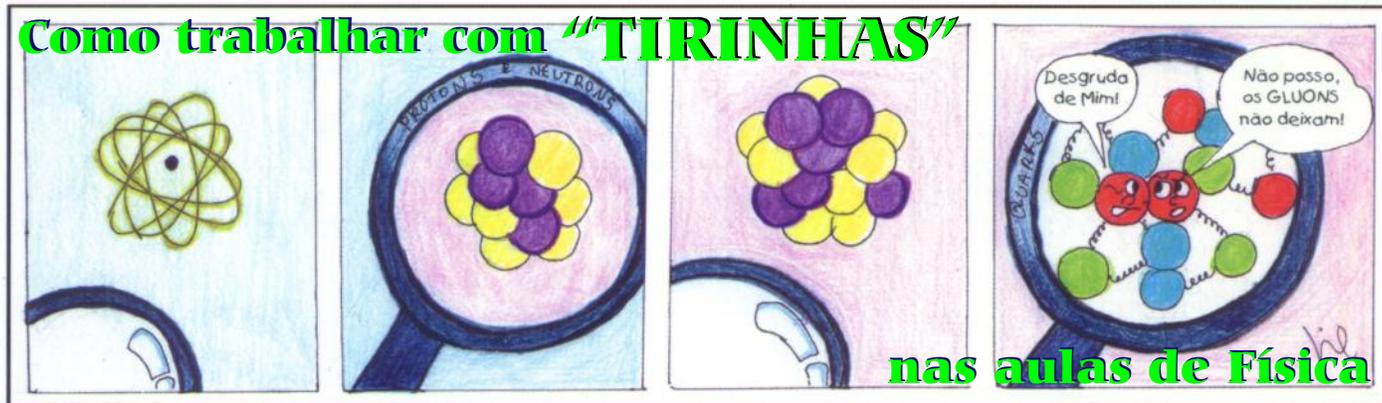
### História

Entre 1985 e 1987 foram realizadas, em São Paulo, as primeiras Olimpíadas de Física. Elas foram organizadas pelo professor Shigueo Watanabe, que na época era diretor executivo da Academia de Ciências do Estado de São Paulo.

“A finalidade era estimular aqueles que gostam da matéria, através de competições. O homem, por natureza, gosta de desafio em tudo” comenta Watanabe, que, além da iniciativa para a Física, também participou da elaboração das Olimpíadas de Matemática e Química.

Depois de agitar o cenário científico de alguns estados e ser interrompida por falta de recursos, a competição foi retomada pelo Centro de Divulgação Científica do Instituto de Física de São Carlos (CDCC-SP) em 1995. Três anos depois, a Sociedade Brasileira de Física instituiu a Olimpíada Brasileira de Física (OBF) como um programa permanente, anual e de âmbito nacional, coordenada pela Comissão da OBF, presidida pelo professor José David M. Vianna (IF/UnB).

## Como trabalhar com "TIRINHAS"



nas aulas de Física

Fábio Luís Alves Pena  
Instituto de Física  
Universidade Federal da Bahia  
Flpena@bol.com.br

Em 2001, Salvador - Ba voltou a sediar uma reunião da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). Entre as diversas atrações estava o estande do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF e, entre os seus trabalhos, as chamadas "tirinhas" de Física. Um conjunto de histórias em quadrinhos que aborda diversos temas da Física Clássica e da Física Moderna, e que tem, conforme os autores, Luisa Daou<sup>1</sup> e Francisco Caruso<sup>2</sup>, o objetivo de motivar o aluno a estudar Física e aumentar o interesse dos estudantes pela Ciência.

O intuito deste texto é relatar algumas experiências e propostas de utilização de "tirinhas" nas aulas de Física.

Em alguns volumes das "tirinhas" de Física, um dos autores, o físico Fernando Caruso, relata que os "quadrinhos" são usados por professores do Ensino Médio no Rio de Janeiro e várias outras cidades e também nos cursos de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ. Em uma consulta feita ao autor (via correio eletrônico, em abril de 2003), perguntei como as "tirinhas" de Física são utilizadas pelos Professores do Ensino Médio e nos cursos de Licenciatura em Física da UERJ. O Professor Caruso respondeu que não vinha tendo um retorno sistemático da experiência dos professores em sala de aula. No entanto, podia adiantar que alguns professores usam as "historinhas" para motivar o início da discussão sobre um tema,

enquanto outros apresentam as histórias em quadrinhos como exemplo do que foi ensinado, e que algumas delas foram usadas nos últimos vestibulares da UERJ. Além da experiência que soube de uma Professora de quarta série, que tem feito os alunos trabalharem em sala de aula com "tirinhas", de autoria deles, sobre História.

No portal [www.cbpf.br/tirinhas](http://www.cbpf.br/tirinhas) defisica estão as apresentações dos volumes, comentários, artigos, "quadrinhos" enviados por estudantes etc. Vale destacar alguns trechos dos textos que indicam como as

**Semelhantes às histórias em quadrinhos, as 'tirinhas' da Física são um conjunto de pequenas estórias abordando diversos temas da Física Clássica e da Física Moderna**

"tirinhas" podem ser trabalhadas nas aulas de Física:

"Para os alunos, a resposta é sempre inesperada", comenta Rosângela Pinheiro, professora de Física da Sociedade Educacional Fernando Alves (Méier) e das escolas estaduais Antônio Maria Teixeira Filho (Leblon) e Inácio Azevedo do Amaral (Jardim Botânico). Ela adota as tirinhas em todas as turmas em que leciona, mas, antes, prefere ensinar o conteúdo aos alunos. Distribuídos em pequenos grupos, eles devem relatar o conceito exposto na tirinha e interagir para discuti-lo. "Eles montam perguntas que

Mostramos neste artigo como uma nova forma de interação com os alunos - as "Tirinhas da Física" - podem auxiliar o professor a melhor incentivar os alunos para discutir Ciência em sala de aula.

eles mesmos respondem, dando aula uns aos outros”, conta. Depois a professora os corrige e acrescenta o que é necessário.

Num comentário com os alunos, notei que se mostraram entusiasmados, principalmente com as tirinhas relacionadas a temas já abordados nos conteúdos e que serviram para ratificar a informação dada, e, quando solicitados, tiveram participação ativa. (Walmir Pereira de Oliveira, professor de Física. CIEP169 – São João de Meriti – RJ, 02.10.2001).

Leia o artigo “Eletrizando” e comente-o com a turma. Depois, divida os alunos em grupos e proponha a realização de alguns experimentos. (Marcus Venícius Cougo Pinto, IF/UFRJ, CHC n. 93, Dicas do Professor, p.2, 1999.).<sup>3</sup>

Sobre a minha experiência em sala de aula, a primeira vez que utilizei “tirinhas” foi numa “microaula”<sup>4</sup> para os colegas do curso de Licenciatura em Física da UFBA. Nesta aula, segui algumas das experiências citadas por Caruso: iniciei a aula com uma questão sobre o conceito físico exposto nos “quadrinhos” para motivar o início da discussão e, no final da aula, apresentei outra “tirinha” como exemplo do que foi ensinado. O bom humor, a alegria e o diálogo que deveriam sempre existir durante as aulas volta-

ram a aparecer.

A segunda experiência foi numa atividade realizada durante o estágio curricular: eu pedi que os alunos lessem uma história em quadrinhos<sup>5</sup> (sobre a aceleração da gravidade). Após a leitura, levantei algumas questões para promover o debate; em seguida, propus algumas ilustrações sobre o conteúdo abordado na “historinha” e, por último, pedi que os alunos escrevessem um pequeno relatório sobre as atividades realizadas. O objetivo era levantar as concepções espontâneas dos alunos e confrontá-las com o conceito aceito cientificamente. A resposta dada pelos alunos foi muito estimulante. Desde então, sempre que possível, uso histórias em quadrinhos junto com o material didático.

Portanto, pelas experiências e propostas de utilização dos “quadrinhos”, a aplicação em sala de aula fica a critério do professor. Ele pode:

- usá-los como motivação antes dos livros didáticos (para iniciar a discussão de um tema, induzir o diálogo, atrair, despertar, instigar a curiosidade para o conteúdo da disciplina e levantar os conhecimentos prévios dos alunos);
- como exemplo do que foi ensinado (para ratificar a informação dada);
- apresentá-los nas aulas aos futuros professores da disciplina para que sejam montados projetos com o material (para o futuro professor aprender a desenvolver, através dos “quadrinhos”, a crítica e a criatividade dos alunos, corrigindo as distorções conceituais);
- pedir aos alunos que criem seus próprios “quadrinhos”;

• após a discussão do conteúdo, distribuir os alunos em pequenos grupos e pedir que relatem o conceito exposto nas “tirinhas”, interagindo para discuti-lo e montando perguntas que eles mesmos vão responder, dando aula uns aos outros. Depois o professor os corrige e acrescenta o que é necessário;

• ler a “historinha” (ou solicitar que os alunos leiam), comentá-la e discuti-la com a turma. Depois dividir os alunos em grupos e propor a realização de alguns experimentos e/ou ilustrações sobre o tema tratado nos “quadrinhos”;

• criar exercícios e problemas a partir de histórias em quadrinhos;

• dar aos alunos “quadrinhos” com distorções conceituais, e solicitar aos alunos (divididos em grupos) que encontrem e corrijam as distorções;<sup>6</sup>

• utilizar “tirinhas” (sem balões de fala) que tratem de um determinado conceito científico, e pedir para que os alunos criem balões de fala que retratem as imagens e falem sobre o conceito científico explícito na “historinha”.

Em suma, a história em quadrinhos é uma poderosa linguagem para o ensino das ciências. Um recurso que pode ser utilizado em sala de aula de diversas maneiras. Uma forma divertida de incentivar o aluno a aprender Física e de mostrar que a Física é bem diferente da disciplina “maçante”, “decoreba”, “bicho de sete cabeças”, descontextualizada e aterrorizante que é ensinada em muitas das instituições de Ensino Fundamental, Médio e superior.

Dedico este artigo ao grande Professor Luiz Felipe Perret Serpa – FACED/UFBA.

## Referências

- Carlos Fiolhais, *Física Divertida*. São Paulo: Ed. Universidade de Brasília, 2001.
- REF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física- Instituto de Física/USP), *Leituras de Física: pra ler, fazer e pensar*, 4 v., São Paulo: COPIART editora LTDA, versão preliminar (1998).
- Jearyl Walker, *O Grande Circo da Física*, 2 ed. Coleção Aprender Fazer Ciência. Lisboa: Ed. Gradiva, Portugal, 2001.
- Luisa Daou e Francisco Caruso, *Tirinhas de Física*, CBPF, Rio de Janeiro, v. 1-

6, 2000-2003.

Novello, M. *Física na Escola* v. 3, n. 2, p. 36, 2002.

Pierre, L. *Física: Martins e Eu*, Cinemática, ilustrado por Henfil, Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1970.

Pinto, M.V.C. *CHC* v. 93, p. 21, 1999.

## Notas

<sup>1</sup>Na época, aluna do Ensino Médio e integrante do Programa de Vocação Científica do CBPF.

<sup>2</sup>Físico do CBPF e da UERJ.

<sup>3</sup>Artigo escrito na forma de história em

quadrinhos. A sugestão do autor não está na página das “Tirinhas” de Física.

<sup>4</sup>Aula com duração de 15 minutos. Atividade coordenada pelos professores da disciplina Metodologia e Prática do Ensino de Física: Felipe Serpa (Faculdade de Educação/UFBA) e Maria Cristina Martins (IF/UFBA).

<sup>5</sup>História em quadrinhos do livro: Pierre Lucie, *Física: Martins e Eu*, Cinemática, ilustrado por Henfil, Rio de Janeiro, PUC-RJ (1970).

<sup>6</sup>Sugestão do professor Felipe Serpa (FACED/UFBA).

## Investigação e Compreensão

### Física

Representação  
e comunicação

Contextualização  
Sócio-Cultural

# A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio

.....  
**Maria Regina Dubeux Kawamura e  
Yassuko Hosoume**  
Instituto de Física  
Universidade de São Paulo  
.....

Os últimos anos têm sido marcados por mudanças significativas no discurso sobre a educação, o ensino, e, particularmente, sobre o Ensino Médio. Nas propostas educacionais, está sendo até mesmo introduzido um novo vocabulário, que inclui palavras como contextualização, interdisciplinaridade, competências e habilidades, apenas para exemplificar algumas, cujos significados vêm pouco a pouco se tornando mais claros, no seu sentido amplo, mas continuam sendo difíceis de serem traduzidos em sala de aula.

E nem poderia ser diferente. É fácil falar, mas difícil fazer. A escola real é muito mais complexa do que os instrumentos disponíveis para descrevê-la ou analisá-la. Mais do que isso, propostas, como resultado de práticas e reflexões, apenas sinalizam possíveis caminhos e não podem (nem deveriam) dar conta de propor receitas de mudanças. Em tempos de mudança, a situação é particularmente estressante, pois é preciso encontrar opções novas, modificar hábitos, romper com rotinas, quase sempre sem a certeza nem a segurança das vantagens e desvantagens dos esforços desenvolvidos.

A implantação das novas diretrizes que estão sendo propostas, ou seja, sua tradução em práticas escolares concretas, não ocorrerá por decreto nem de forma direta. Depende, ao contrário, do trabalho de incontáveis professores, em suas salas de aula, nas

mais diversas realidades. Depende, também, de um processo contínuo de discussão, investigação e atuação, necessariamente permeado do diálogo constante entre todos os envolvidos. Um processo lento, com idas e vindas, através do qual espera-se que possam ir sendo identificadas as várias dimensões dos problemas a serem enfrentados e ir introduzindo a correção de rumos necessária. Um processo de construção coletiva.

Assim, o novo Ensino Médio é uma proposta ainda em aberto, que inclui a compreensão de toda a educação básica como um percurso sem rupturas, onde os valores, atitudes e competências possam ser continuamente promovidos, respeitadas as especificidades de cada etapa, e consolidando-os em níveis progressivos de profundidade e autonomia.

No final de 2002, foram publicados os PCNs+ (MEC/SEMTEC, 2002 disponível em [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br)), dirigido aos professores, onde se busca aprofundar, através de exemplos e estratégias de trabalho, a proposta inicial que foi apresentada nos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM), (MEC/SEMTEC, 1998). Foi o resultado de um trabalho longo, envolvendo professores das diferentes disciplinas da área de Ciências e Matemática, buscando investigar e explicitar os vínculos e semelhanças entre os processos de ensino e aprendizagem a serem desenvolvidos em todas as dis-

**As mudanças em educação estão sendo acompanhadas por um novo vocabulário, que inclui conceitos como contextualização, interdisciplinaridade, competências e habilidades**

Este artigo apresenta, de forma resumida, as *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)*, que buscam complementar as idéias apresentadas na proposta original dos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, publicados em 1999. As autoras participaram da equipe que elaborou ambos os projetos.

ciplinas da área (Física, Química, Biologia e Matemática). Esse texto trata da organização do trabalho escolar, discutindo as competências em Física e de como elas se articulam com os diferentes conteúdos, de forma a estruturar o conhecimento e os objetivos formativos. Aponta, ainda, algumas sugestões de estratégias para o trabalho cotidiano. Mas não pretende trazer soluções, pois essas, como sinalizamos, devem necessariamente ser construídas dentro de cada realidade escolar.

Retomamos, aqui, algumas das propostas apresentadas, exemplificando-as, para estimular o debate e para explicitar a necessidade de construir espaços de propostas e construção articulados, tornando mais coletivo o trabalho de ensinar. Essa é uma condição indispensável, ainda que não suficiente, para um novo ensino e uma nova escola.

## Os Novos Rumos

Do ponto de vista “oficial”, as idéias educacionais que vinham sendo gestadas e discutidas nas décadas anteriores foram explicitadas, pela primeira vez em um documento legal, na Lei de Diretrizes e Bases para o Ensino (MEC, LDB 1996).

Dentre as sinalizações mais expressivas, introduzidas nessa proposta, está a mudança quanto ao caráter do Ensino Médio. Durante muitos anos esse período da escolaridade vinha sendo considerado como uma preparação para o ensino universitário, tendo como objetivo último o sucesso no vestibular. Essa proposta era coerente com uma educação média restrita a apenas uma pequena parcela da população e com o ensino universitário como um “caminho natural” para os concluintes do Ensino Médio. No entanto, os tempos mudaram: a escolaridade média vem sendo bastante ampliada assim como também o espaço de atuação social dos egressos da escola média, que não necessariamente buscam o ensino superior.

O objetivo da escola média deve, assim, estar voltado para a formação de jovens, independente de sua escolaridade futura. Jovens que adquiram instrumentos para a vida, para racio-

cinar, para compreender as causas e razões das coisas, para exercer seus direitos, para cuidar de sua saúde, para participar das discussões em que estão envolvidos seus destinos, para atuar, para transformar, enfim, para realizar-se, para viver. Essa é, portanto, nossa compreensão do que seja uma educação para a cidadania e sobre do objetivo do ensino.

E como isso se reflete no ensino de Física?

Um primeiro aspecto importante é pela própria necessidade de explicitar e discutir objetivos. Não que antes eles não estivessem presentes, mas, apenas, não eram tão discutidos. Ensinar Física significava fazer compreender aos alunos uma série de conhecimentos, ainda que de

**O objetivo da escola média deve, nos dias de hoje, estar voltado para a formação de jovens, independente de sua escolaridade futura**

forma resumida, que seriam mais tarde retomados de forma mais completa na continuação de seus estudos. O conjunto desses conhecimentos estava pré-determinado nos livros didáticos e no coletivo das pessoas, de uma forma tão completa que parecia não haver espaço para outras escolhas: cinemática, dinâmica, estática, eletrostática etc. Essa era a Física. No entanto, fixar objetivos implica em definir estratégias para alcançá-los e em selecionar conteúdos. Conteúdos propostos, como veremos, não em função da lógica da Física, mas em decorrência da proposta de educação e da lógica do ensino. A educação vem, ainda que muito vagarosamente, voltando a ocupar seu espaço, pois educar é mais do que ensinar conhecimentos: é promover o desenvolvimento dos jovens, é possibilitar a construção de uma ética, é expor os valores em que acreditamos e discutimos.

Um segundo aspecto da mudança necessária, e fácil de ser constatado ao analisarmos os livros didáticos tradicionais, diz respeito à ausência neles de muitos dos conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Não estão presentes, por exemplo, conhecimentos de Física que permitam compreender as telecomunicações, internet, telefonia celu-

lar, ou a contribuição da Física aos desenvolvimentos atuais da área de diagnóstico médico, ou, ainda a física dos fenômenos ambientais. E não se trata somente da ausência de temas relacionados à Física Moderna, mas também de aspectos cotidianos relacionados ao funcionamento dos aparelhos, como geladeiras, condicionadores de ar, motores etc. Mais do que isso, também não são abordados aspectos relacionados à Cosmologia, mesmo reconhecendo que a preocupação com a origem e a evolução do Universo seja uma indagação humana constante. Para uma formação

mais completa de jovens preparados para a cidadania, os temas atuais do mundo contemporâneo deverão necessariamente pas-

sar a estar presentes.

Finalmente, outro marco importante das mudanças que estão em curso vem da percepção de que a educação é um processo complexo, que requer muitas ações articuladas. Ou seja, de que não pode ser fragmentada e distribuída para que cada professor tome conta apenas do seu espaço disciplinar. Em uma escola, os alunos dos diversos professores são os mesmos, com as mesmas necessidades e anseios. Cabe à escola não apenas ser o lugar onde cada professor atua, mas transformar-se em espaço e agente de definição e articulação do que aprender ensinar. Cada escola passa a ter autonomia para pensar no perfil de seus alunos e em suas necessidades mais significativas, organizando-se para atendê-las, refletindo e definindo metas, estabelecendo um projeto que possa organizar sua ação pedagógica.

Nesse sentido, para estabelecer as condições que possam propiciar uma ação mais integrada, foi proposta, também, uma organização do conhecimento por grandes áreas, reunindo em cada área diversas disciplinas afins. Ao contrário do que muitas vezes parece, não se trata de “acabar com as disciplinas” e substituí-las por um só professor de área. Essa seria uma enorme deformação. Trata-se, sim, de estabelecer objetivos e estraté-

gias de ação mais convergentes para um conjunto de disciplinas que tenham características comuns.

Assim, foram definidas três grandes áreas de conhecimento<sup>1</sup>, para permitir uma maior articulação das competências e conteúdos de diferentes disciplinas:

**Linguagens e Códigos** (Português, Língua estrangeira, Artes, Educação Física, Informática e demais formas de expressão).

**Ciências da Natureza e Matemática** (Biologia, Física, Química e Matemática).

**Ciências Humanas** (História, Geografia e demais áreas das Ciências Humanas, como, por exemplo, Psicologia, Sociologia e Filosofia).

Além disso, nessa busca por um conhecimento mais integrado, cada área não pode ser considerada como um domínio de conhecimento isolado das outras áreas. Ainda que a Física pertença à área de Ciências da Natureza, seu ensino deve também contemplar as dimensões de linguagem e conteúdo humano-social. Essa é uma das faces da interdisciplinaridade desejada. Assim, o trabalho de aprendizagem em cada disciplina deve estar atento ao domínio das outras disciplinas e das outras áreas. E para dar conta dessa inter-relação, em cada disciplina podem ser consideradas três dimensões. Uma delas, interna à própria área, diz respeito à *investigação e compreensão* propriamente dita dos fenômenos físicos. A outra, para expressar a relação da Física com a área de linguagens e códigos, diz respeito a questões relativas à *representação e comunicação* em Física, ou seja, à linguagem específica da Física e às formas de expressão próprias ao seu campo. Finalmente, para estabelecer com mais clareza a relação da Física com as Ciências Humanas, há que considerar-se a contextualização sócio-cultural dos conhecimentos científicos, que incluem os aspectos históricos e sociais envolvidos na produção de seu conhecimento e no desenvolvimento tecnológico. São essas três dimensões, portanto, que possibilitam melhor organizar o trabalho em uma dada disciplina de forma integrada com as demais, que estão repre-

sentadas, para o caso da Física, na Figura 1.

De forma sintética, o que queremos enfatizar é que as mudanças dizem respeito a toda a escola de Ensino Médio e à forma de pensar o trabalho de ensinar. Não se restringem a repensar o ensino de Física, mas à busca de uma postura diferente em muitos e diversificados aspectos. A Física continuará sendo uma disciplina específica, com presença no currículo. Mas repensá-la tem que necessariamente extrapolar os limites disciplinares que lhe são próprios. Ou seja, ainda que possamos passar a falar só de Física, do que e do como ensiná-la, sem a compreensão desse panorama mais amplo que está sendo proposto, ficará inviabilizada uma mudança significativa.

### Em Resumo, o que Muda para o Ensino de Física?

A Física enquanto um corpo de conhecimento estruturado permanece sendo a mesma, com suas leis e princípios reconhecidos e estabelecidos, ainda que continuamente incorporando novos conhecimentos e estabelecendo novas descobertas. Mas entre a Física dos físicos e a Física do Ensino Médio há certamente um longo percurso. Assim, podem mudar as seleções de conteúdos, as escolhas de temas, as ênfases, as formas de trabalhar ou os objetivos formativos propostos para a física a ser trabalhada no Ensino Médio.

É possível estabelecer novas escolhas e para isso seria necessário pensar em quais critérios utilizar. Esses critérios deveriam, entre outras condições, deixar de considerar o que um futuro profissional vai precisar saber para

sua formação universitária, passando a tomar como referência o que precisará saber um jovem para atuar e viver solidariamente em um mundo tecnológico, complexo e em transformação. Os critérios básicos passam, então, a referir-se ao que esse jovem deve saber e saber fazer, às competências em Física que deve ter para lidar com o seu dia-a-dia, suas aspirações e seu trabalho.

De forma bastante resumida, poderíamos dizer, portanto, que a principal consequência das mudanças propostas é que teremos que passar a nos preocupar menos com a lista dos tópicos a serem ensinados, para passar a concentrar nossa atenção nas competências em Física que queremos promover.

Ou seja, privilegiar competências e habilidades. Já que não será possível ensinar toda a Física, pois isso implicaria em uma visão muito superficial e abreviada do conhecimento, mais informativa e pouco formativa, teremos que identificar aquelas competências que caracterizam o saber da Física e concentrar nossa atenção em desenvolvê-las.

Há uma grande discussão na literatura atual sobre o que sejam competências, o que sejam habilidades. Talvez não seja necessário um aprofundamento desses conceitos, mesmo porque são controvertidos e permitem entendimentos diferentes. Uma opção ao rigor de definições teóricas consiste em, sempre que possível, fazer uso de exemplos concretos, estabelecendo através da prática uma linguagem comum.

Quais as competências que a Física deve promover? Quais são as características que reconhecemos como específicas do *saber Física* e que podem ser consideradas essenciais para uma formação nessa área? De novo, não há listas confiáveis e completas, não há elencos oficiais de competências. E certamente não haveria um acordo dentro da própria comunidade dos físicos quanto a isso. Nenhuma proposta pode ser única e universal, substituir a percepção e a experiência profissional do professor a partir da realidade que vivencia.

Como exemplo, apresentamos



Figura 1.

## Exemplos de Habilidades e Competências

### Investigação e Compreensão em Física

- Desenvolver a capacidade de investigação física: observar, classificar, organizar, sistematizar. Estimar ordens de grandeza. Compreender o conceito de medir. Fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Reconhecer a relação entre diferentes grandezas ou relações de causa e efeito, como meios para estabelecer previsões. Compreender e utilizar leis e teorias Físicas.
- Identificar regularidades, reconhecer a existência de transformações e conservações, assim como de invariantes. Saber utilizar princípios básicos de conservação.
- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos ou representativos para fenômenos ou sistemas naturais e tecnológicos.
- Diante de situações físicas, identificar parâmetros relevantes, quantificar grandezas e relacioná-las. Investigar situações problemas: identificar a situação física, utilizar modelos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

### Representação e Comunicação em Física

- Compreender enunciados que envolvam códigos, símbolos e a nomenclatura de grandezas físicas, como por exemplo aqueles presentes em embalagens, manuais de instalação e utilização de equipamentos ou artigos de jornais.
- Ler e interpretar tabelas, gráficos, esquemas e diagramas. Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas constituem-se em diferentes formas de representação de relações físicas, com especificidades. Ser capaz de diferenciar e traduzir entre si as linguagens matemática, discursiva e gráfica para a expressão do saber físico.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar e criticar notícias científicas veiculadas nas várias mídias.

### Contextualização Sócio-Cultural da Física

- Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.
- Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem, propiciada pela tecnologia, em termos de possibilidades de deslocamentos, velocidades, capacidade para armazenar informações, produzir energia etc., assim como o impacto da ação humana, fruto dos avanços tecnológicos, sobre o meio em transformação.
- Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos para o exercício da cidadania. Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e ou tecnológicos relevantes (uso de energia, impactos ambientais, uso de tecnologias específicas etc.).

algumas das competências que consideramos importantes promover, para estimular a discussão e orientar possíveis escolhas. Levando em conta as três dimensões descritas, organizamos essas competências em três conjuntos distintos.

## Onde Ficam os Conteúdos Básicos? Podemos Abrir Mão de Alguns Deles?

O conhecimento acumulado pela humanidade através de sua História constitui um patrimônio precioso e é também função da educação dar-lhe continuidade. Em nenhum momento, o que se propõe é deixarmos de promover a construção do conhecimento em Física. Mesmo porque, competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas em torno a assuntos e problemas concretos, que se referem a conhecimentos e temas de estudo. E para enfrentar uma situação-problema dentro de uma abordagem física é necessário conhecer leis, conceitos e princípios, aprendidos através de um processo de construção cuidadoso, com determinadas relações internas que é necessário identificar e respeitar.

No entanto, não será possível tratar de toda a Física no curto intervalo de tempo do Ensino Médio, especialmente com a ênfase no desenvolvimento das competências de que estamos tratando. Por outro lado, há certos assuntos ou tópicos com maior potencial do que outros para os objetivos pretendidos, o que impõe escolhas criteriosas. Essas escolhas dependem, novamente, de cada realidade escolar, e os critérios para estabelecê-las devem levar em conta os processos e fenômenos físicos de maior relevância no mundo contemporâneo, além de procurar cobrir diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real.

O tratamento de diferentes campos de fenômenos implica em preservar, até certo ponto, a divisão do conhecimento em áreas da Física tradicionalmente trabalhadas, como

## Temas Estruturadores: Uma proposta

### Movimentos: variações e conservações

A área tradicionalmente associada à Mecânica pode corresponder às competências que permitem, por exemplo, lidar com a observação e classificação dos movimentos de coisas que observamos, identificando seus “motores” ou suas “causas”, sejam carros, aviões, animais, objetos que caem, ou até mesmo as águas do rio ou o movimento do ar. Nessa abordagem, a Mecânica permite desenvolver competências para lidar com aspectos práticos, concretos e macroscópicos, ao mesmo tempo que propicia a compreensão de leis e regularidade, expressos nos princípios de conservação. Pode propiciar, também, elementos para que os jovens tomem consciência da evolução tecnológica relacionada às formas e à velocidade do transporte ou do aumento da capacidade produtiva do ser humano.

### Calor, Ambiente e Usos de Energia

O estudo do calor e de fenômenos térmicos será importante para desenvolver competências que permitam lidar com fontes de energia, processos e propriedades térmicas de diferentes materiais, permitindo escolher aqueles mais adequados a cada tarefa. Poderão ser promovidas, também, competências para compreender e lidar com as variações climáticas e ambientais ou, da mesma forma, com os aparatos tecnológicos que envolvem o controle do calor em ambientes. Acompanhando a evolução do trabalho humano ao longo da história, haverá que saber reconhecer a utilização do calor para benefício do homem, em máquinas a vapor ou termelétricas, ou o calor como forma de dissipação de energia, impondo limites às transformações de energia e restringindo o sentido do fluxo de calor. Nesse contexto, será ainda indispensável aprofundar a questão da “produção” e utilização de diferentes formas de energia em nossa sociedade, adquirindo as competências necessárias para a análise dos problemas relacionados aos recursos e fontes de energia no mundo contemporâneo, desde o consumo doméstico ao quadro de produção e utilização nacional, avaliando necessidades e impactos ambientais.

### Som, Imagem e Informação

A Ótica e o estudo de ondas mecânicas podem tornar-se o espaço adequado para discutir a imagem e o som como formas de transmissão de informação, analisando os fenômenos e processos de formação de imagens e de produção de sons, mas também os processos de codificação, registro e transmissão de informações através do som e da imagem. O estudo do som pode ainda permitir uma interface importante com as artes, a música em particular, ou ainda, o reconhecimento dos vários instrumentos associados a diferentes culturas. Nessa releitura, o tema imagem e som redireciona o estudo da ótica e das ondas mecânicas, colocando em destaque as competências para a compreensão do mundo da informação que se deseja privilegiar.

### Equipamentos Elétricos e Telecomunicações

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. Ao mesmo tempo, esses mesmos fenômenos podem explicar os processos de transmissão de informações, desenvolvendo competências para lidar com as questões relacionadas às telecomunicações. Dessa forma, o sentido para o estudo da eletricidade e do eletromagnetismo pode ser organizado em torno a esses aspectos mais presentes no mundo vivencial.

### Matéria e Radiação

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo da matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.

### Universo, Terra e Vida

Finalmente, será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar.

Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo, não só pela unidade conceitual que esses campos estabelecem, mas também por permitir uma “transcrição” da proposta nova em termos da compartimentalização anteriormente adotada, reconhecendo-a para superá-la.

No entanto, é essencial que se faça uma releitura dessas áreas, para que a definição dos temas privilegie os objetos de estudo, explicitando desde o início os objetivos estabelecidos.

Apresentamos, no quadro da página anterior, uma proposta de temas estruturadores. Esses temas apresentam uma das possíveis formas para a organização das atividades escolares, explicitando para os jovens os elementos de seu mundo vivencial que se deseja considerar. Não se trata, certamente, da única releitura e organização dos conteúdos da Física em termos dos objetivos desejados, mas serve, sobretudo, para exemplificar, de forma concreta, as possibilidades e os caminhos para o desenvolvimento das competências e habilidades em Física. Exemplificam também como reorganizar as áreas tradicionalmente trabalhadas, como a Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Física Moderna, de forma a atribuir-lhes novos sentidos.

Cada um desses temas, contudo, não pode ser compreendido como um tema isolado, já que há inúmeras sobreposições e inter-relações entre os objetos que se pretende estudar. Com certeza, eles somente completam seu sentido através de suas interseções e de suas relações com outras áreas do conhecimento.

Da mesma forma, dentro de cada tema, haverá que realizar novas escolhas sobre como e o quê trabalhar, que aspectos e fenômenos privilegiar. Para organizar o trabalho dentro de cada tema, as atividades planejadas podem ser sistematizadas em três ou quatro unidades temáticas, cuja delimitação e seqüência favoreçam o objetivo desejado. Essa estruturação pode contribuir para evitar que as limitações de tempo ou outras dificuldades acabem por restringir o âmbito e o sentido, em termos de compreensão de mundo, que se venha a atribuir a cada te-

ma estudado. Uma proposta mais detalhada de possibilidades em relação às unidades temáticas pode ser encontrada nos PCNs+, onde é realizada uma tentativa de exemplificar as possibilidades de relação entre temas e competências.

### **Estratégias para o Ensino de Física**

A discussão sobre as competências e os conhecimentos a serem promovidos não pode ocorrer dissociada da discussão sobre as estratégias de ensino e aprendizagem a serem utilizadas em sala de aula, na medida em que são essas mesmas estratégias que expressam, de forma bem 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”.

Para enfatizar os objetivos formativos e promover competências, é imprescindível que os conhecimentos se apresentem como desafios cuja solução, por parte dos alunos, envolve mobilização de recursos cognitivos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisão. Nessas circunstâncias, importa o desenvolvimento de atividades que solicitem dos alunos várias habilidades, entre elas, o estabelecimento de conexões entre conceitos e conhecimentos tecnológicos, o desenvolvimento do espírito de cooperação, de solidariedade e de responsabilidade.

Fazer opções por determinadas formas de ação 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. Discutir estratégias não deve, também, confundir-se com a prescrição de técnicas a serem desenvolvidas em sala de aula.

Mesmo reconhecendo a complexidade da questão, será sempre possível apresentar alguns exemplos, com o objetivo de reforçar o significado último que se deseja do trabalho escolar, no que diz respeito mais de perto ao fazer da Física. Algumas

propostas nessa direção estão apresentadas nos PCNs+. Dizem respeito à necessidade de tomar o mundo vivencial como ponto de partida, de refletir mais detidamente sobre o sentido da experimentação e sua importância central na formação em Física. Tratam da necessidade de reconhecer e lidar com a concepção de mundo dos alunos, com seus conhecimentos prévios, com suas formas de pensar e com a natureza da resolução de problemas. Por outro lado, e respondendo às exigências dos jovens, discutem possíveis espaços da Física enquanto atividade cultural e as formas de tornar realidade a responsabilidade social deles frente às exigências do ambiente em que vivem.

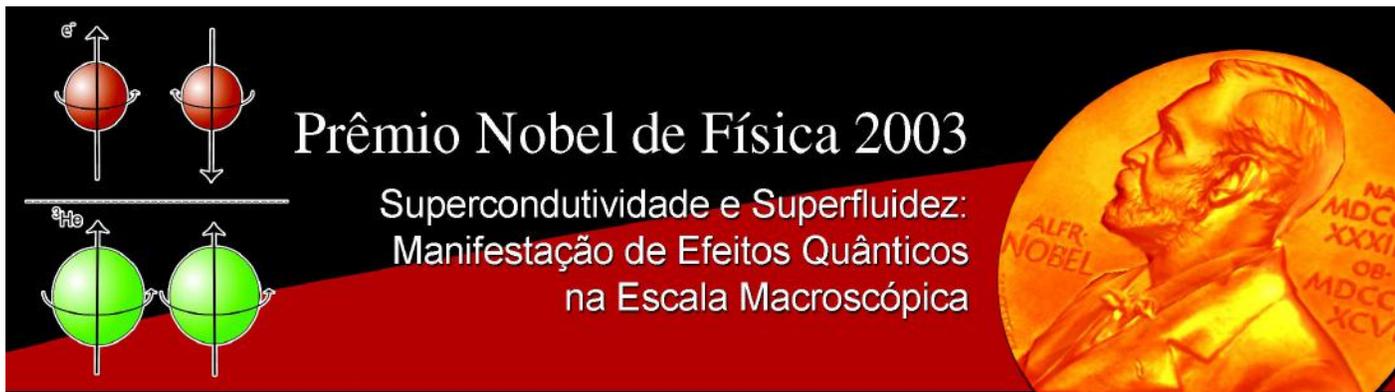
### **Conclusão**

O conjunto das idéias aqui resumidas (e um pouco melhor detalhadas nos PCNs+) é apenas um ponto de partida para uma nova forma de encarar a presença da Física na escola média. Será somente através de práticas concretas, tentativas, erros e sucessos, experiências compartilhadas e muita discussão que, de fato, começarão a ser produzidas novas alternativas ao ensino atual.

É necessário que seja dada uma atenção toda especial para a articulação entre as competências, conhecimentos e estratégias a serem propostos e desenvolvidos. Essa, com certeza, é uma articulação que demanda atenção e discussão, para que gradualmente possam ser identificados os fatores que integrem esses vários aspectos, concretizando novas práticas de sala de aula. Discussão, reflexão, troca de experiências e vivências são as tarefas de sempre, mas prioritárias no momento. E embora a questão educacional tenha sempre se revelado como altamente complexa, a garantia de sucesso para a empreitada é nunca perder de vista o objetivo último da cidadania desejada, uma cidadania consciente, atuante e solidária.

#### **Nota**

<sup>1</sup> Artigo 10 da Resolução nº 3, CEB/CNE, junho 1998.



.....

**Nelson Studart**

Departamento de Física  
Universidade Federal de São Carlos

.....



### Os laureados

Os três cientistas que colaboraram para elucidar o estranho comportamento da matéria em temperaturas extremamente baixas e dividiram o Prêmio Nobel de Física de 2003 são Alexei Abrikosov (Laboratório Nacional Argonne, EUA, primeiro à esquerda), Vitaly Ginzburg (Instituto Lebedev, Moscou, ao centro), e Anthony Leggett (Universidade de Illinois, EUA, à direita) pelas “contribuições decisivas relacionadas a dois fenômenos da física quântica: supercondutividade e superfluidez”.

A mecânica quântica que se estuda, como parte do programa de Química e Física Moderna em escolas de Ensino Médio destina-se, em geral, a discutir o modelo atômico como base para a compreensão dos elementos químicos e suas ligações para formar moléculas. Conceitos como a quantização da energia, dualidade onda-partícula, e princípio da incerteza, entre outros, são introduzidos para entender o comportamento da matéria e da radiação no microcosmo. A razão para isto é que efeitos fascinantes do mundo quântico normalmente não se manifestam no macrocosmo comum.

A matéria ordinária pode ser encontrada na forma de líquidos e sólidos, além dos gases e plasmas. Em geral, os sólidos e líquidos não exibem fenômenos quânticos que são diretamente observados do ponto de vista macroscópico. Considere, por exemplo, uma classe de materiais bem conhecida: os metais e suas ligas. Suas propriedades de condução térmica e elétrica são determinadas pelas leis clássicas do eletromagnetismo (lei de Ohm para exemplificar) e do calor considerando os elétrons se movimentando entre os átomos que vibram em torno de suas posições de equilíbrio.

No entanto, em temperaturas muito baixas (perto do zero absoluto) alguns metais podem conduzir uma corrente elétrica sem resistência ou perda de energia. São os supercondutores, que possuem ainda a propriedade de excluir completa ou parcialmente as linhas de campo magnético. A supercondutividade em metais foi descoberta em 1911, pelo físico holandês Heike Kamerling Onnes (laureado com o prêmio Nobel de 1913 por este trabalho) após ter

conseguido liquefazer o gás hélio em torno de 4 K (-269 °C). Ele observou que, a estas temperaturas, a resistência elétrica do mercúrio desaparecia.

Existem duas classes desses materiais. Os supercondutores do tipo I repelem totalmente o campo magnético mas perdem sua supercondutividade se o campo excede um certo valor-limite. Uma teoria, proposta em 1958, explicando este fenômeno valeu o Prêmio Nobel a John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer em 1972. Nesta teoria, conhecida como teoria BCS – iniciais dos sobrenomes de seus autores –, os elétrons (carregados negativamente) formam pares no estado supercondutor, chamados pares de Cooper, que fluem em canais atrativos gerados pelos arranjos regulares dos átomos (carregados positivamente) do metal. Estes pares constituem um novo estado quântico da matéria, um condensado semelhante a gotas formadas em um gás muito frio. Este “líquido de elétrons” forma um sistema supercondutor.

Ao contrário, os supercondutores do tipo II – ligas de vários metais e compostos de cobre e elementos não-metálicos – excluem apenas parcialmente as linhas de campo magnético e mantêm suas propriedades supercondutoras mesmo em campos intensos. As experiências mostraram que os supercondutores do tipo II não podem ser descritos pela teoria BCS (vide Figura 1).

O físico **Alexei Abrikosov**, então no Instituto Kaptiza em Moscou, estendeu com rara competência uma teoria elaborada nos anos 50 pelo outro laureado **Vitaly Ginzburg** e Lev Landau. A teoria de Ginzburg-Landau se propunha a descrever a supercon-

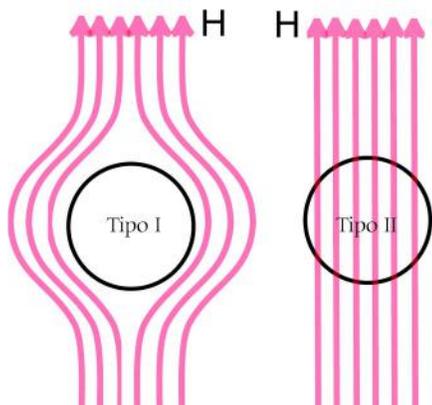


Figura 1. Materiais supercondutores do tipo I excluem as linhas de campo magnético, enquanto que os do tipo II deixam penetrar campos magnéticos intensos.

atividade e o campo magnético crítico em termos da densidade do “condensado supercondutor”, chamado tecnicamente de parâmetro de ordem. Abrikosov mostrou como este parâmetro descreve redemoinhos dentro do material e como o campo magnético pode penetrar ao longo de canais gerados por estes vórtices. Esta descrição teve enorme sucesso no estudo dos antigos materiais supercondutores do tipo II e ainda hoje é utilizada na análise de novos supercondutores e ímãs.

Supercondutores são usados em aplicações do dia-a-dia, como na geração de imagens de ressonância magnética nos laboratórios médicos, aparelhos de diagnósticos (*scanners*) que se baseiam em bobinas supercondutoras para gerar campos magnéticos intensos (sem os materiais supercondutores, os ímãs consumiriam muita energia tornando-se muito quentes e pouco eficientes), levitação de trens (ainda em estágio bastante embrionário) e no resfriamento de alguns componentes das redes de telefones celulares.

Assim como ocorre com a supercondutividade, o fenômeno da superfluidez envolve também um fluxo de partículas sem resistência mecânica (atrito) e nenhuma energia, associada ao movimento, é perdida. O gás mais leve – o hélio – se encontra na natureza na forma de dois isótopos: o mais abundante  $^4\text{He}$ , com seu núcleo formado por dois prótons e dois nêutrons, e o mais raro  $^3\text{He}$  (produzido em grandes quantidades apenas em usinas nucleares) com dois prótons e apenas um

nêutron no núcleo. Como vimos, se o  $^4\text{He}$  é resfriado a temperaturas aproximadamente de 4 K, assume a forma líquida do mesmo modo que vapor se transforma em água. Se o hélio líquido é resfriado a temperaturas ainda mais baixas, efeitos quânticos espetaculares surgem e o líquido flui sem nenhum atrito ao movimento interno. Os líquidos de hélio tornam-se superfluidos e exibem propriedades fascinantes como, por exemplo, subir livremente pelas paredes de um recipiente. A temperatura de transição para o  $^4\text{He}$  é bastante diferente daquela para o  $^3\text{He}$ . A descoberta da superfluidez do  $^4\text{He}$  foi feita por Pyotr Kapitza (vencedor do Nobel em 1978) e outros na década de 30 e o fenômeno foi explicado imediatamente após pelo físico teórico Lev Landau (Prêmio Nobel de 1962 por este trabalho) e outros cientistas como uma manifestação de um processo conhecido como condensação de Bose-Einstein. Na verdade, até hoje não existe uma teoria microscópica bem estabelecida para explicar este fenômeno.

No caso do isótopo  $^3\text{He}$ , a superfluidez só foi comprovada no início da década de 70 com uma temperatura de transição do líquido normal para superfluido muito mais baixa do que a do  $^4\text{He}$  (cerca de 1000 vezes menor!). A descoberta valeu o Prêmio Nobel a Douglas Osheroff, David Lee e Robert Richardson em 1996. Apesar de isótopos, os efeitos quânticos se manifestam de forma diversa nos líquidos  $^4\text{He}$  e  $^3\text{He}$  porque seus átomos possuem uma propriedade fundamental diferente: o spin. Assim como os elétrons, os átomos de  $^3\text{He}$  possuem spin semi-inteiro e pertencem a uma classe de partículas chamadas de férmions. O spin do  $^4\text{He}$  é inteiro e integra a família dos bósons. Uma coleção de muitos férmions exibe um comportamento completamente diferente de um sistema de muitos bósons. Neste sentido, a superfluidez do líquido  $^3\text{He}$  poderia ser explicada por um mecanismo semelhante aos pares de Cooper da supercondutividade do tipo I em vez do mecanismo da condensação de Bose-Einstein do seu parceiro  $^4\text{He}$ .

O trabalho de **Anthony Leggett**

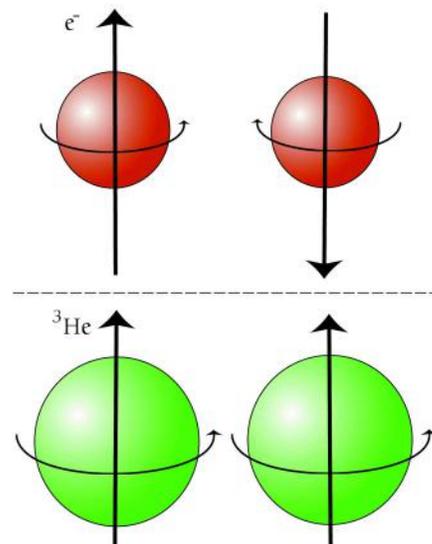


Figura 2. A formação do par de Cooper ocorre com os elétrons com spins invertidos enquanto que no caso dos átomos de  $^3\text{He}$ , os spins apontam na mesma direção.

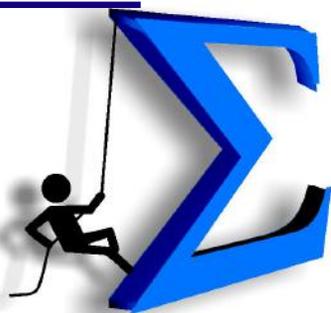
foi decisivo na explicação das propriedades deste novo superfluido mostrando que a formação dos pares de átomos apresentava um caráter diferente daquele dos pares de Cooper. Sua teoria foi usada para explicar coerentemente os resultados experimentais. – “Alguém está faltando nesta premiação!”. Assim se manifestou Douglas Osheroff em 1997, referindo-se a Tony Leggett.

Como o estado superfluido do  $^3\text{He}$  é formado por pares de átomos, as suas propriedades são muito diferentes das do  $^4\text{He}$  superfluido. Estes pares possuem

propriedades magnéticas que fazem com que o  $^3\text{He}$  superfluido exiba diferentes propriedades em diferentes direções, ou seja, fenômenos anisotrópicos. Estas propriedades dependem fortemente da temperatura, pressão e campo magnético fazendo com que o  $^3\text{He}$  apresente uma estrutura muito rica de fases superfluidas.

Embora não tenha sido encontrada nenhuma aplicação prática para a superfluidez do  $^3\text{He}$ , experiências têm sido realizadas para entender o mecanismo de turbulência em líquidos, que ainda é um dos problemas não resolvidos da Física Clássica. Alguns pesquisadores acreditam ainda que o estudo da fase superfluida do  $^3\text{He}$  possa levar alguma luz à compreensão de modelos cosmológicos.

**Supercondutores são usados em aplicações do dia-a-dia, como na geração de imagens de ressonância magnética nos laboratórios médicos**



# Problemas Olímpicos

**1** Solução dos problemas da X Olimpíada Cearense de Física, realizada em 2002.

**Problema 1.** O homem que salta de uma plataforma. a) Seja  $k$  a constante elástica da corda e  $l_0$  seu comprimento normal. O máximo comprimento da corda esticada é  $l_1 = h - h_0 = 25 - 2 = 23$  m, enquanto o comprimento na posição final de equilíbrio é:  $l_2 = 23 - 8 = 15$  m.

A energia cinética é zero no início da queda e na posição final de equilíbrio. Desprezando o peso da corda e supondo que o centro de massa do homem está na metade de sua altura, usamos conservação de energia e temos

$$mgh = \frac{1}{2} k (l_1 - l_2)^2$$

$$\text{No equilíbrio: } mg = k (l_2 - l_0).$$

Dividindo uma equação pela outra, temos que

$$l_0^2 + 2(h - l_1)l_0 + (l_1^2 - 2hl_2) = l_0^2 + 4l_0 - 221 = 0$$

Daí obtemos  $l_0 = 13$  m.

b) Quando o homem está com velocidade máxima, sua aceleração deve ser zero e isso deve ocorrer na posição de equilíbrio final ( $l = l_2$ ). Usando novamente a conservação da energia:

$$\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k (l_2 - l_0)^2 = mg (l_2 + h_0)$$

A condição  $m/k$  é dada pela condição de equilíbrio:  $\frac{m}{k} = \frac{l_2 - l_0}{g}$

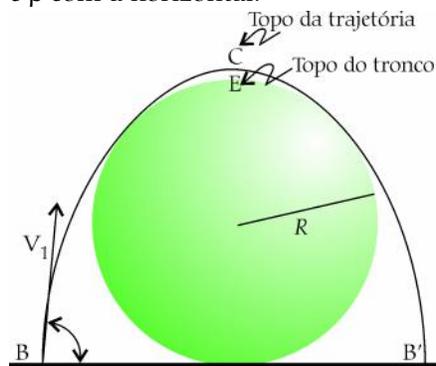
Substituindo na equação da energia, vemos que a velocidade máxima é  $v = 18$  m/s  $\approx 65$  km/h.

A máxima aceleração ocorre no ponto mais baixo do salto, onde a velocidade é zero. Como a distensão máxima da corda ( $25 - 13 - 2 = 10$  m) é 5 vezes a extensão na posição de equilíbrio ( $25 - 8 - 13 - 2 = 2$  m), a tensão

## Soluções do Número Anterior

máxima é 5 mg. Logo, a maior força líquida exercida sobre o saltador é 4 mg e sua aceleração máxima será de 4 g.

**Problema 2.** O grilo presta a saltar um tronco. A trajetória é uma parábola que toca o tronco em duas posições simétricas B e B'. B e B' podem até coincidir com o topo do tronco, E (ainda não sabemos). Nos pontos B e B' a velocidade do grilo é  $v_2$  e o ângulo é  $\beta$  com a horizontal.



$$\text{Então } v_2 \sin \beta = gt_2$$

Na qual  $t_2$  é o tempo de voo de B até C, onde C é o topo da trajetória. Durante esse tempo  $t_2$  o deslocamento horizontal é:  $v_2 t_2 \cos \beta = R \sin \beta$

Multiplicando uma equação pela outra:

$$v_2^2 = \frac{gR}{\cos \beta}$$

Conservação da energia entre A e B dá:

$$\frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} mv_2^2 + mg(R - R \cos \beta)$$

$$v_1^2 = 2gR \left( 1 + \cos \beta + \frac{1}{2 \cos \beta} \right)$$

Usando a relação entre médias, temos:

$$\frac{1}{2} \left( \cos \beta + \frac{1}{2 \cos \beta} \right) \geq \sqrt{\cos \beta \frac{1}{2 \cos \beta}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Logo: } \cos \beta + \frac{1}{2 \cos \beta} \geq \sqrt{2},$$

portanto  $2 \cos^2 \beta - 2\sqrt{2} \cos \beta + 1 = 0$ .

Resolvendo essa equação, obtemos  $\cos \beta = \frac{\sqrt{2}}{2}$  e, portanto,  $\beta = 45^\circ$ .

Nota: a solução  $\beta = 0$  dá  $1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$  que é maior que  $\sqrt{2}$ . Logo, não serve.

O valor da velocidade mínima  $v_1$  será:

$$v_1^2 = 2gR \left( 1 + \sqrt{2} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = 2gR (1 + \sqrt{2})$$

$$v_1 = \sqrt{2gR (1 + \sqrt{2})} \approx 2,2 \text{ m/s}$$

**Problema 3.** A estimativa da altura de um avião voando com velocidade horizontal constante. O som emitido pelo avião ao passar pelo ponto A chega ao observador O no solo quando o avião já passou sobre ele e está no ponto B. A reta OB deve ser tangente à esfera com centro em A, correspondente à primeira frente de onda sonora emitida pelo avião que chega ao observador. A distância AO vale  $V_s t$ , onde  $V_s$  é a velocidade do som e  $t$  é o tempo para o som ir de A a O. Esse tempo equivale ao tempo para o avião ir de A até B com velocidade  $V_A$ , percorrendo  $AB = V_A t$ . Logo:

$$\sin \theta = \frac{AO}{AB} = \frac{V_s t}{V_A t} = \frac{V_s}{V_A}$$

$$\text{portanto } \text{tg} \theta = \frac{V_s}{\sqrt{V_A^2 - V_s^2}}$$

O enunciado diz que  $CB = V_A \times (21 \text{ s})$ . Logo:

$$H = 21 \times V_A \times \text{tg} \theta$$

Usando os dados do problema, acha-se:  $H = 9732$  m.

**2** Densidades terrestre e solar. A força de atração gravitacional do Sol é

$$F = G \frac{M_S M_T}{L^2}$$

contrabalança a aceleração centrípeta da Terra

$$a_c = \omega^2 L = \frac{4\pi^2}{T^2} L$$

em que  $\omega$  é a velocidade angular,  $T$  o período de revolução da Terra ao redor do Sol (= 1 ano),  $L$  o raio da órbita terrestre,  $M_S$  e  $M_T$  as massas do Sol e da Terra, respectivamente. De acordo com a 2ª lei de Newton,

$$G \frac{M_S M_T}{L^2} = M_T \frac{4\pi^2}{T^2} L.$$

$$\text{Mas } G \frac{M_T}{R_T^2} = g \text{ e}$$

$$M_S g = \frac{R_T^2}{L^2} = M_T \frac{4\pi^2}{T^2} L, \text{ ou}$$

$$\frac{M_T}{M_S} = \frac{g R_T^3 T^2}{4\pi^2 L^3} \quad (1)$$

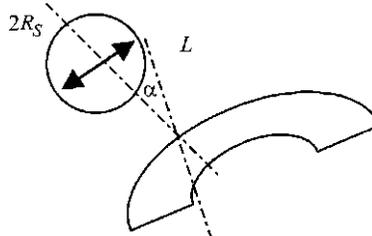
$$\text{Mas } M_T = \frac{4}{3} \pi R_T^3 \rho_T \text{ e}$$

$$M_S = \frac{4}{3} \pi R_S^3 \rho_S$$

Substituindo esta última equação na Eq. (1), resulta

$$\frac{\rho_T}{\rho_S} = \frac{g R_S^3 T^2}{4\pi^2 L^3 R_T}$$

Basta escrever  $R_S$  em termos de  $L$  e  $\alpha$ . Olhando a figura abaixo,



vemos que  $R_S = L\alpha/2$ , e finalmente

$$\frac{\rho_T}{\rho_S} = \frac{g \alpha^3 T^2}{32\pi^2 R_T} \approx 4,4$$

**3** O calor dissipado por uma placa imersa em um campo elétrico. Quando um corpo condutor é

colocado em um campo elétrico, as cargas livres se rearranjam de tal forma que o campo elétrico resultante dentro do corpo se anula. Como consequência, nas faces opostas da placa acumulam-se cargas de sinais opostos. As cargas livres localizadas na superfície da placa geram um campo elétrico com intensidade  $-\vec{E}$  dentro da placa e nulo fora dela.

Imediatamente após se desligar o campo elétrico aplicado, somente o campo gerado pelas cargas livres estará presente dentro da placa condutora. A energia deste campo é

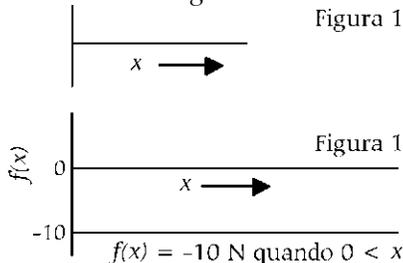
$$U = \frac{E^2}{2} \epsilon_0 S d$$

Sob o efeito deste campo, as cargas irão se distribuir sobre todo o volume do corpo. Durante este processo, a energia armazenada no campo se dissipará na forma de calor, e portanto

$$Q = \frac{E^2}{2} \epsilon_0 S d$$

Estes problemas constavam na XIV Olimpíada Internacional de Física – Bucareste, Romenia (1988).

**1** Uma partícula move-se ao longo do eixo  $x$  positivo,  $OX$ , como mostra a Figura 1a. Uma das forças agindo na partícula é  $f(x)$  como mostra a Figura 1b.



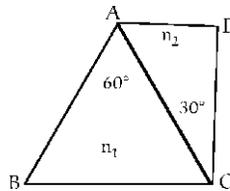
A parede em  $x = 0$  é uma superfície perfeitamente refletora. Durante o movimento, a partícula recebe uma força de atrito  $F = 1$  N na direção oposta à direção de seu movimento. Se a partícula inicia o movimento do ponto  $x = x_0$  com uma energia cinética  $E_0 = 10,0$  J,

a) Encontre a expressão para a distância percorrida pela partícula antes da mesma atingir o repouso.

b) Esboce um gráfico da energia potencial da partícula  $U(x)$  no campo de força  $f(x)$ .

c) Esboce um gráfico da velocidade da partícula como função de  $x$ .

**2** Dois prismas de ângulos  $A_1 = 60^\circ$  e  $A_2 = 30^\circ$ , respectivamente, são colocados juntos formando um prisma composto com um ângulo  $\angle BCD = 90^\circ$ , como mostra a figura.



O índice de refração dos dois prismas é uma função do comprimento de onda obedecendo às fórmulas:  $n_1 = a_1 + b_1/\lambda_1^2$ ;  $n_2 = a_2 + b_2/\lambda_2^2$ ;  $n_1 = 1,1$ ;  $n_2 = 1,3$ ;  $b_1 = 10^5 \text{ nm}^2$  e  $b_2 = 5 \times 10^4 \text{ nm}^2$

a) Determine o comprimento de onda  $\lambda_0$  de modo que um raio de luz que incida de qualquer direção passe através de  $AB$  e saindo por  $AC$  sem sofrer reflexão em nenhuma superfície.

b) Desenhe o caminho de 3 raios de comprimentos de onda  $\lambda_{\text{vermelho}}$ ,  $\lambda_{\text{verde}}$ ,  $\lambda_{\text{azul}}$  para um mesmo ângulo de incidência no lado  $AB$ .

c) Determine o ângulo de desvio

mínimo para o prisma composto.

d) Determine o comprimento de onda de um raio incidente que refratará em um raio dentro do prisma composto paralelo a superfície  $BC$  e emergindo deste prisma em uma direção também paralela a  $BC$ .

**3** Um fóton tendo comprimento de onda  $\lambda_0$  colide com um elétron livre em movimento forçando o elétron a estar em repouso após a colisão. O comprimento de onda do fóton muda para  $\lambda'_0$ , e o fóton continua sua trajetória em uma direção fazendo um ângulo de  $60^\circ$  com a direção inicial do movimento. Este fóton de comprimento de onda  $\lambda'_0$  colide com outro elétron livre em repouso, causando uma variação no comprimento de onda do fóton de  $\lambda'_0$  para  $\lambda''_0 = 1,25 \times 10^{-10}$  m, enquanto a direção do fóton varia de  $60^\circ$  de sua direção antes da segunda colisão. Determine o comprimento de onda de de Broglie do primeiro elétron antes da primeira colisão.

Dados: constante de Planck  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  Js, massa do elétron  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  kg, magnitude da velocidade da luz  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s.

# Resenhas

## Física Moderna Experimental

O ensino de Física no Nível Médio tem se limitado essencialmente a temas da Física Clássica: Mecânica, Eletricidade e Magnetismo, Calor e Óptica. Embora haja consenso na comunidade de professores e pesquisadores da área de ensino de Física acerca da importância e necessidade de inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino Médio, existe limitado material didático-pedagógico disponível para apoiar o professor nesta empreitada. Como assinala a Profa. Beatriz Alvarenga no prefácio, "... ainda há constantes queixas referentes à quase inexistência de textos escritos, em português, sobre Física Moderna Experimental, principalmente por parte dos professores que desejam introduzir atividades experimentais ao abordarem a Física Moderna".

*Física Moderna Experimental* reúne uma série de experiências e simulações de experimentos que as autoras vêm apresentando em congressos de Ensino e cursos de formação continuada de professores sobre ondas eletromagnéticas e comportamento dual da luz e da matéria. São experimentos e simulações fáceis de serem implementadas em escolas públicas e privadas pelo baixo custo do material empregado.

A maioria destes experimentos já foi suficientemente testada com sucesso em oficinas e apresentada em revistas de Ensino e divulgação. A radiação térmica do "corpo negro", o efeito foto-elétrico e a difração de elétrons, entre outros, são temas fascinantes discutidos e contextualizados em uma

perspectiva histórica. Apesar de alguns temas não serem considerados "modernos", como por exemplo os fenômenos de interferência e difração e a lei de Malus sobre a polarização da luz, tais experiências são necessárias, além de seus valores intrínsecos, para análise posterior do comportamento dual da natureza. Com relação à determinação da constante de Planck usando diodos emissores de luz - os populares LEDs -, existe uma sobreposição da proposta experimental 3.1 e aquela apresentada no apêndice. O texto sugere que existe um "outro procedimento para determinar a constante de Planck". Na verdade, a diferença consiste apenas na determinação do comprimento de onda da luz do LED. No primeiro caso, analisa-se o espectro da luz emitida por cada LED; no segundo, o comprimento de onda é obtido através do levantamento da curva característica  $I \times V$  do LED. Em nossa opinião, esta interessante experiência poderia ser apresentada uma única vez para dar maior relevância à famosa equação de Einstein do efeito foto-elétrico e evitar redundância na descrição dos LEDs.

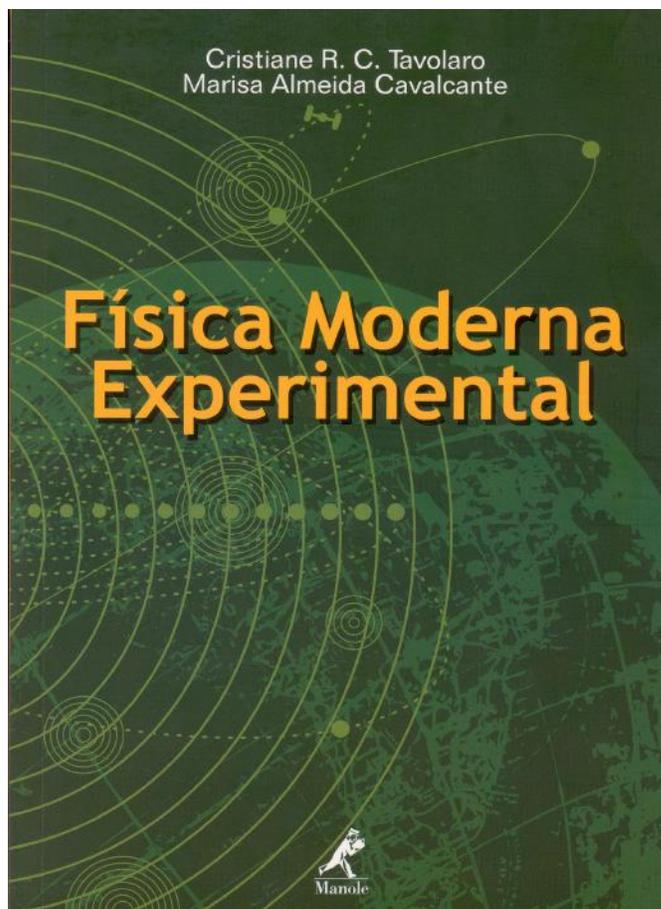
Trata-se apenas de uma sugestão para futuras edições atualizadas.

Há uma lista de referências ao final do livro, mas as autoras surpreendentemente esqueceram de citar dois artigos muito interessantes (e que integram o livro) publicados na *Física na Escola*. São eles: *Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades*, M.A. Cavalcante, C.R.C. Tavoraro, D.F. de Souza e J. Muzinatti, v. 3, n. 1, pp. 24-29 (2002) e *Uma caixinha para estudos de espectros*, M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, v. 3, n. 2, pp. 40-42 (2002).

Evidentemente o livro não esgota as atividades experimentais para o ensino de Física Moderna, mas esperamos que este seja apenas o pontapé inicial para outras produções.

*Física Moderna Experimental*, por Cristiane R.C. Tavoraro e Marisa Almeida Cavalcante, Editora Manole, Barueri (2003), 119 pp.

Nelson Studart  
Departamento de Física/UFSCar





# Notas da HISTÓRIA DA FÍSICA no Brasil

## O Brasil nos *Principia*: Observações Astronômicas de Couplet na Paraíba

**E**m 1698, Pierre Couplet (~1670, 1743), membro da Academia de Ciências e do Observatório de Paris, realizou uma expedição ao Brasil para fazer medidas físicas e astronômicas. Seu objetivo principal era verificar o comportamento do relógio de pêndulo nas vizinhanças do equador. Como Galileu já havia mostrado, o quadrado do período do pêndulo varia com o inverso da aceleração gravitacional. Por isso, o pêndulo passou a ser usado, em experiências realizadas em vários pontos da Terra, para se medir a variação da aceleração gravitacional com a latitude.

Essa questão teve na época uma grande importância por permitir a confrontação experimental de dois grandes sistemas

provenientes da Física. Para Newton, a Terra deveria ser achatada nos pólos, em razão da sua lei de atração gravitacional e da aceleração centrífuga resultante da rotação da Terra. Já no modelo cartesiano, a Terra seria alongada nos pólos, tendo forma similar a um melão. Segundo a teoria newtoniana, um pêndulo que batesse o segundo em Paris sofreria um atraso mensurável, quando fosse levado para as proximidades do equador. Esse

atraso seria proveniente da diminuição da aceleração gravitacional, ocasionada pela maior distância do equador ao centro da Terra (em relação aos pólos), e do efeito da aceleração centrífuga (este efeito sendo bem menor que o primeiro).

No volume III dos seus *Philosophiae naturalis principia mathematica*, na edição de 1713, Newton cita

**A expedição de Couplet guarda um interesse particular do ponto de vista da História da Ciência no Brasil, pelo fato das medidas ali obtidas, juntamente com observações realizadas pelo padre Valentim Stansel, na Bahia, em meados do século XVII, constituírem os únicos experimentos ocorridos no Brasil a serem citados em uma das obras mais importantes da História da Ciência, os *Principia***

algumas medidas que corroboram suas previsões e que contrariam as afirmações dos cartesianos. Entre elas, as experiências realizadas, em 1672, por Jean Richer, em Caiena, e aquelas efetuadas por Couplet, na Paraíba, em 1698. No entanto, Newton faz algumas críticas aos valores apresentados por Couplet para o atraso do pêndulo. Essa expedição guarda, portanto, um interesse particular do ponto de vista da História da Ciência no Brasil, pelo fato das medidas ali obtidas, juntamente com as observações de cometas realizadas pelo padre Valentim Stansel, na Bahia, em meados do século XVII, constituírem os únicos experimentos ocorridos no Brasil a serem citados em uma das obras mais importantes da História da Ciência, os *Principia*.

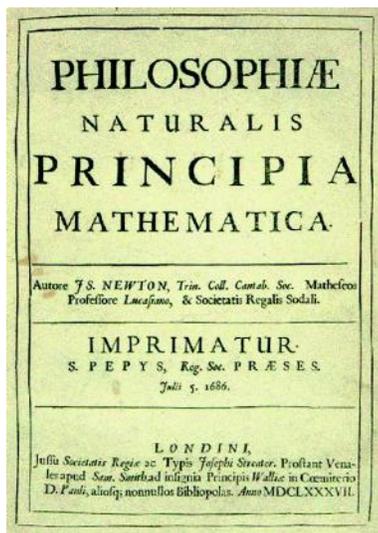
Apresentamos a seguir a transcri-

ção de parte de uma das cartas enviadas por Couplet durante sua viagem, já que, em seu retorno à França, ele sofreu um naufrágio e perdeu todos os resultados de suas observações, além de todo o material de História Natural que havia recolhido no Brasil.

“Quando cheguei à Paraíba, no mês de março de 1698, meu primeiro cuidado foi o de regular meu relógio e colocá-lo exatamente de acordo com o movimento médio, tanto para conhecer a diferença do comprimento do pêndulo, como para me preparar para fazer as observações dos satélites de Júpiter e determinar a longitude desta vila. De início, coloquei meu pêndulo no estado em que ele se encontrava quando parti de Paris, e o movimente; descobri que atrasava, de seu movimento médio, 4 min 12 s a cada 24 horas. Encurtei, portanto, o pêndulo várias vezes e, após regulá-lo em relação ao movimento médio, achei que devia ser mais curto na Paraíba do que em Paris por uma diferença de 3 linhas e dois terços.

Em seguida, coloquei o mesmo pêndulo no estado em que estava quando me servi dele para fazer minhas observações em Lisboa, onde eu o havia regulado pelo movimento médio, e observei que nesse estado ele retardava na Paraíba de 2' 5" em 24 horas.

Embora a diferença que se encontra entre os dois pêndulos de segundo tomados na Paraíba e em Paris seja apenas, como acabamos de assinalar, de 3 linhas  $\frac{2}{3}$  (o que não é considerável em relação a um comprimento de 3 a 4 pés, tal como é o comprimento dos pêndulos que comparamos) ela não deixaria de levar, no entanto, a um erro sensível (como é fácil de ver, porque sabemos que os tempos empregados nas vibrações dos pêndulos estão entre eles como as raízes de suas alturas). Daí se vê que, se utilizássemos na Paraíba o pêndulo de segundos tal como em Paris, ou seja com 3 pés 8 linhas  $\frac{1}{2}$  (em vez de 3 pés 4 linhas  $\frac{5}{6}$ , que ele deveria ter nesse lugar do Brasil para bater os segundos), então seu movimento seria retardado, de tal maneira que, no intervalo de uma hora, não daria mais que 3585 oscilações em vez de 3600,



Frontispício da primeira edição da obra fundamental, os *Principia* de Isaac Newton, publicada em 1687.

que ele dá em Paris. Isso é próximo de 15" de diferença por hora. Do mesmo modo que, inversamente, se o pêndulo de segundos da Paraíba, ou seja de 3 pés 8 linhas 1/2 fosse colocado em movimento em Paris, ele aceleraria e daria 3615 vibrações em uma hora, em vez de 3600 somente que ele dá na Paraíba.

Essas observações, juntamente com aquelas que têm sido feitas nesse assunto por muitos sábios, confirmam suficientemente que, quanto mais nos aproximamos do equador, mais se deve encurtar o pêndulo. Mas a razão que há entre esses encurtamentos diversos, que não seguem a proporção das diferentes latitudes aos quais se referem, nos é desconhecida no presente, embora muitos físicos hábeis a tenham tentado nos explicar. Para se conseguir isso, falta ainda um grande número de observações sobre esse assunto que, consideradas todas em conjunto e por suas numerosas comparações, possam nos descobrir a causa verdadeira que tem sido buscada há longo tempo.

A atenção que se deve dar a co-

nhecer o comprimento verdadeiro do pêndulo próprio para o lugar onde ele é observado, não se limita às observações astronômicas, mas é ainda essencial em uma infinidade de coisas, como por exemplo no calibre das águas correntes, onde na prática o pêndulo simples é ordinariamente usado, - pêndulo este cujo comprimento se mede, como se sabe, a partir do centro da bala até o ponto de suspensão. Esse comprimento do pêndulo próprio para o lugar onde se fazem as observações, deve ser medido com precisão, porque uma fonte que, por exemplo, forneça em Paris 3600 polegadas de água em uma hora de tempo, determinado por meio do pêndulo de comprimento verdadeiro, ou seja, de 3 pés 8 linhas 1/2, parecerá fornecer 3615 polegadas, se a gente se servisse do pêndulo de 3 pés 4 linhas 5/6, tal como é necessário na Paraíba, e assim teríamos um erro de 15 polegadas no escoamento para cada hora.

Não posso lançar meus olhos sobre essas observações astronômicas que fiz na Paraíba, sem me lembrar de um acidente que me aconteceu na mesma época. Como acredito que nenhum autor jamais tenha falado de coisa semelhante, será razoável fazê-lo aqui. Existe no Brasil uma espécie de serpente, com cerca de dois pés de comprimento e com três a quatro polegadas de perímetro, que os portugueses chamam de cobra de duas cabeças, não porque elas tenham efetivamente duas cabeças, como descobri depois de tê-la examinado com cuidado, mas so-

**Existem no país cobras de uma grossura extraordinária, tendo eu matado uma delas, com um tiro de fuzil, nas matas entre a Paraíba e Pernambuco, que tinha mais de 15 pés de comprimento e 16 a 18 polegadas de grossura. Ela era coberta de escamas negras, brancas, cinzentas e amarelas, que, em conjunto, produziam um efeito muito bonito**

mente uma protuberância, no final da cauda, que de longe assemelha-se a uma cabeça. Os brasileiros ou mazombas, e depois deles os portugueses, tomaram-na por uma cabeça tanto mais facilmente porque têm um temor extremo dessa espécie de cobra, pretendendo que não haja remédio para sua picada. Eles sabem que é

perigoso tocá-la mesmo após sua morte, e é isso que aparentemente os têm impedido de examiná-la. Advertiram-me que o mero contato produziria intumescências; negligenciei um conselho tão salutar, que tomei como resultado de seu temor, mas fui punido em minha temeridade. Porque tendo matado várias dessas cobras, esfolei-as para examiná-las e para conservar suas peles; e dois ou três dias depois me vi efetivamente todo recoberto de pústulas cheias de água avermelhada. Elas duraram um longo tempo, e mesmo três meses depois eu não estava ainda inteiramente bom.

Existem no país cobras de uma grossura extraordinária, tendo eu matado uma delas, com um tiro de fuzil, nas matas entre a Paraíba e Pernambuco, que tinha mais de 15 pés de comprimento e 16 a 18 polegadas de grossura. Ela era coberta de escamas negras, brancas, cinzentas e amarelas, que, em conjunto, produziam um efeito muito bonito. A picada dessas cobras é venenosa; no entanto, os brasileiros e os negros não têm nenhuma dificuldade em comer sua carne. Isso não deve parecer mais estranho do que o que se observa com a mandioca, cuja farinha é o alimento mais comum no Brasil, e cujo suco é um veneno, como experimentei com um cachorro a quem fiz beber meio copo da poção, cerca de oito horas da noite. Observei-o durante algum tempo sem notar nele nenhuma alteração perceptível; prendi-o durante a noite e, na manhã seguinte, encontrei-o morto. Fiz uma infinidade de outras observações físicas que foram perdidas com minhas memórias quando naufraguei."

Ildeu de Castro Moreira  
Instituto de Física/UFRJ

## Referências

*A expedição de Couplet à Paraíba - 1698*, I.C. Moreira, Rev. Soc. Bras. História da Ciência 5, p. 23-31, 1991.

*Mathematical principles of natural philosophy*, I. Newton, Book 3, *The system of the world*, University of California Press, 1962.

## Fumaça Sobe ou Desce?

Este trabalho é uma sugestão de material de apoio para uma aula sobre densidade e/ou correntes de convecção. Dentro desses conteúdos, o professor pode mostrar, com um equipamento simples e de rápida construção, o inesperado e interessante comportamento de um filete de fumaça que contraria o senso comum e que, pela sua natureza curiosa, vai desafiar o uso dos conteúdos acima referidos.

### Fumaça sempre sobe?

Em uma queima corriqueira que produza fumaça, normalmente observamos a subindo ar acima, o que leva-nos à conclusão errônea de que a fumaça é menos densa do que o ar.

### O equipamento e observação do fenômeno

Entretanto, com uma garrafa plástica de qualquer tamanho e um pequeno pedaço de papel enrolado, consegue-se mostrar que a fumaça, contrariando as nossas expectativas, em vez de subir, desce na forma de um filete contínuo, quase perfeito. Para realizar isso, enrolamos, na forma de canudinho, um pedaço de papel Sulfite (por exemplo, de 3 cm de largura por 12 cm de comprimento) e o fazemos atravessar um orifício (diâmetro aproximado de 5 mm) feito na parte superior da garrafa plástica, como ilustrado na Figura 1. Em seguida, ateando-se fogo na extremidade do papel que está do lado de fora da garrafa, observa-se que a fumaça desse lado toma a direção corriqueira, movimentando-se para cima. Por outro lado, na



ponta extrema oposta do canudinho, do lado de dentro da garrafa, a fumaça jorra para baixo tal qual uma linda cascata.

### Afinal, a fumaça sobe e desce... e como fica a densidade?

Do lado externo da garrafa, a fumaça está mesclada com o ar quente produzido pelo fogo que queima o papel. Devido à alta temperatura, a fumaça sobe com a corrente de convecção do ar quente que a envolve, causando o visível movimento ascendente da fumaça. No entanto, parte da fumaça da queima também se desloca por dentro do canudinho de papel e acaba saindo pela outra extremidade, dentro da garrafa. Neste caso, por haver somente a fumaça, por estar o ar parado no interior do recipiente, por ser ela mais densa do que o ar e estando ela livre da

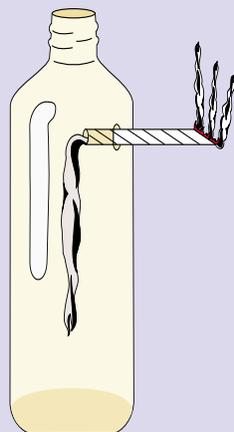


Figura 1. Garrafa com a lateral furada, onde é colocado o canudo.

ação de agentes que poderiam dispersá-la, como correntes de ar, a fumaça produz um movimento descendente, conforme vai saindo do papel. Assim, conclui-se que a fumaça, sendo uma fina suspensão de partículas sólidas em um gás, possui densidade superior à do ar.

## As correntes de ar da sala e do nosso corpo

A importância do isolamento das correntes de ar nesta experiência é observada em uma segunda experiência. Segurando-se um outro canudinho de papel, semelhante ao instalado no orifício da garrafa, observa-se que a fumaça da extremidade que está queimando vai diretamente para cima, enquanto a da extremidade oposta tem uma formação e direção irregular, às vezes subindo, às vezes descendo, às vezes podendo sair pela horizontal (Figura 2). As correntes de ar existentes na sala agem de forma mais ou menos aleatória, interferindo no movimento da fumaça. É também interessante observar e estudar a influência das correntes de convecção produzidas em torno da nossa mão devido ao calor da mesma.

Carlos Eduardo Laburú  
(laburu@uel.br) DF/UUEL  
Fabricia Fabiane de Lima Trevisan  
Licencianda em Física/UUEL



Figura 2. O canudo ao ar livre; a fumaça descola-se ao sabor das correntes de ar presentes no ambiente.

### Referências

*Dicionário Rossetti de Química*,  
[www.rossetti.eti.br/dicuser/index2.asp](http://www.rossetti.eti.br/dicuser/index2.asp).  
*O trabalho em ambientes quentes*,  
[www.laraio.com.br/Trabalho%20em%20Locais%20Quentes.htm](http://www.laraio.com.br/Trabalho%20em%20Locais%20Quentes.htm).

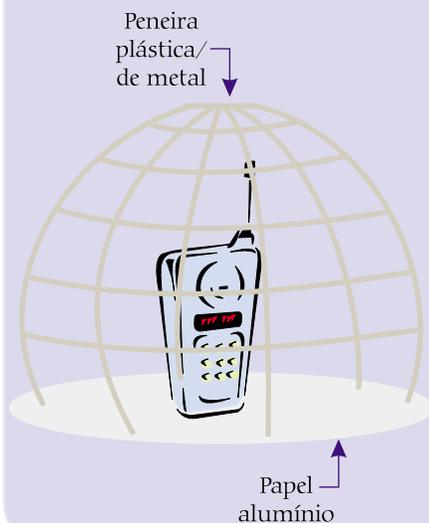
## Celular: Como ficar sem serviço?

### Material

- Peneira metálica
- Peneira de plástico
- Papel alumínio
- Dois celulares
- Rádio de Pilha

### Procedimento

Coloque o celular ligado entre o alumínio e a peneira de plástico e ligue para aquele celular. Depois



troque a peneira de plástico pela de alumínio e torne a ligar.

### Observe que

Para nossa surpresa, na peneira metálica o celular fica sem serviço, não toca, o que pode ser constatado também no visor digital do aparelho.

### Explicação

A peneira metálica funciona como uma Gaiola de Faraday. A onda eletromagnética é absorvida pela peneira, em cuja superfície aparece uma corrente elétrica nula, blindando assim o espaço entre o celular e o papel alumínio e impedindo a recepção do sinal via onda eletromagnética.

### Tópicos de Discussão

- Espectro eletromagnético
- Microondas
- Ondas eletromagnéticas
- Blindagem
- Frequência, comprimento de onda e velocidade da luz (uma onda eletromagnética)



### Questões

Qual é o tamanho máximo da malha da peneira para que o celular não funcione? (Dica: experimente calcular, com auxílio do manual do celular, a faixa de comprimento de onda usada pelos celulares).

Que tal tentar o mesmo experimento com seu radinho de pilha, fazendo o mesmo cálculo anterior com a frequência da sua estação preferida?

Vinícius Cappellano De Franco  
Francisco Catelli  
Scheila Vicenzi  
Universidade de Caxias do Sul,  
Escola Estadual de  
Ensino Médio Santa Catarina  
Vcfranco@uol.com.br