
EQUÍVOCOS ENCONTRADOS EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO SOBRE A INTERPRETAÇÃO DADA À EXPERIÊNCIA DE OERSTED

Resumo

O presente trabalho apresenta alguns equívocos que aparecem em livros didáticos de Física do Ensino Médio a respeito da interpretação inicial que foi dada ao fenômeno da interação eletromagnética descoberta por Oersted em 1820.

I - Introdução

Em 21 de julho de 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851) anunciou à comunidade científica a deflexão sofrida pela agulha imantada de uma bússola ao ser colocada inicialmente paralela a um fio condutor de corrente elétrica. Esta evidência da interação entre magnetismo e eletricidade, que há algum tempo vinha sendo procurada (Martins, 1986), foi apresentada na Academia Real de Ciências da França pelo então presidente Dominique François Jean Arago (1786-1853) em 4 de setembro de 1820.

Como a experiência de Oersted apresentava um efeito magnético produzido pela corrente que não era paralelo a ela, aparentemente o princípio da simetria dos fenômenos físicos, que diz que a simetria das causas deve permanecer nos efeitos produzidos (Martins, p. 50, 1988), era violado. A plateia de cientistas que assistia à demonstração ficou tão surpresa com o que observara, que Arago teve de repeti-la uma semana depois, em 11 de setembro de 1820.

Vários cientistas tentaram explicar o que estava ocorrendo através de várias ideias bastante originais e muito diferentes entre si. O primeiro deles foi o próprio Oersted, que procurou explicar a ação eletromagnética supondo que uma espécie de conflito elétrico que se estabelecia dentro do fio condutor (um tipo de contínua decomposição e recomposição, ou melhor, uma ação que perturba o equilíbrio em cada momento, e o restabelece no instante seguinte), também se manifestava fora do fio sob a forma de dois turbilhões que circulavam ao seu redor, em sentidos opostos, sendo que um deles agia sobre o pólo norte e o outro sobre o pólo sul da agulha imantada (Ørsted, 1986).

Jean Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) imaginaram que, ao ser atravessado por uma corrente elétrica, o fio se magnetizava, e desta forma, passava a interagir com a agulha da bússola.

André-Marie Ampère (1775-1836) supôs a existência de microcorrentes no interior da agulha imantada da bússola e uma interação eletrodinâmica entre essas microcorrentes e a corrente elétrica no interior do fio.

No entanto, parece existir uma versão oficial que afirma que “um fio retilíneo condutor de corrente elétrica produz ao seu redor um campo magnético circular, cujo sentido é dado pela regra da mão direita”.

Temos a intenção de discutir os vários problemas associados a esta versão da experiência de Oersted, ao ser apresentada em livros didáticos de Física do Ensino Médio.

II – Análise dos Livros Didáticos

As coleções para análise foram extraídas do Guia de Livros Didáticos: PNLD 2012: FÍSICA (Guia de Livros Didáticos, 2011). Das 10 coleções aprovadas, escolhemos 4 aleatoriamente, designadas como Coleção A, Coleção B, Coleção C e Coleção D, para

fazermos nossas considerações sobre os primeiros conceitos relacionados com a origem do eletromagnetismo.

Colecção A:

COMPREENDENDO A FÍSICA

25041COL22

Alberto Gaspar

Editora Ática



Na página 128 do volume 3 desta coleção, na seção *Conhecendo um pouco mais...*, encontramos ao lado de um retrato de André-Marie Ampère, o seguinte comentário sobre seus trabalhos:

[...] Sua primeira contribuição à física data de 1820, quando estabeleceu a regra que determina o sentido do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. Descobriu que a atração e a repulsão magnéticas não ocorrem apenas com os ímãs, mas também entre correntes elétricas em condutores paralelos. E que, assim como os condutores retilíneos geram campos magnéticos cilíndricos, os condutores em forma de espiral cilíndrica geram campos magnéticos retilíneos.

Ampère mostrou um talento extraordinário para compreender fenômenos eletromagnéticos e formulou uma das suas leis básicas, denominada lei de Ampère (Gaspar, p. 128, 2010).

Neste excerto, encontramos os seguintes problemas:

1º) Não foi Ampère que estabeleceu a regra que determina o sentido do campo magnético gerado por uma corrente elétrica. Ele interpretou a influência de um fio condutor de corrente elétrica sobre a agulha imantada de uma bússola através de uma interação entre correntes elétricas existentes tanto dentro do fio como no interior da agulha.

Em 1820, ainda não havia sido criado o conceito de campo magnético. Mesmo para Biot e Savart, a experiência de Oersted foi interpretada inicialmente como sendo devido a uma ação magnética do fio sobre os polos da agulha da bússola, que produz um torque sobre a mesma.

2º) Para Ampère, a atração e a repulsão entre dois ímãs, ou entre um ímã e um condutor ou entre dois condutores (paralelos ou não) não é de origem magnética e sim de origem eletrodinâmica. De acordo com suas próprias palavras:

[...] As provas sobre as quais a suporto [teoria baseada na ação entre elementos de corrente], resultam sobretudo de que ela reduz a um único princípio três tipos de ações que o conjunto de fenômenos provam ser devidos a uma causa comum, e que não podem ser reduzidas de outra forma (Ampère, *Teoria matemática dos fenômenos eletrodinâmicos deduzida unicamente da experiência*, 1826; *apud* Chaib e Assis, p. 91, 2007; *apud* Chaib, 2009).

3º) Ampère mostrou um talento extraordinário para compreender fenômenos eletrodinâmicos, e não eletromagnéticos, como afirma o texto.

4º) A chamada Lei de Ampère, uma das leis básicas do eletromagnetismo, não foi formulada por Ampère e sim por James Clerk Maxwell (1831-1879), em seu primeiro artigo sobre eletromagnetismo de 1855 (Whittaker, p. 242-245, 1951).

Na página 218, encontramos:

As experiências de Oersted mostraram que um condutor percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor, cuja configuração tem características especiais (Gaspar, v. 3, p. 218, 2010).

No entanto, a única coisa que as experiências de Oersted mostram é que existe uma interação entre o fio condutor e a agulha imantada da bússola colocada próxima a ele de uma maneira muito peculiar (paralela ao fio abaixo ou acima dele).

Na verdade, há muitas maneiras de interpretar esse fenômeno, e que são igualmente bem sucedidas em explicar a interação observada.

A transmissão da versão oficial dos fatos está tão arraigada entre cientistas, professores e escritores de livros didáticos de todos os níveis de ensino (Chaib e Assis, 2007) que mesmo citando o trabalho original de Oersted e a tradução em português da primeira obra de Ampère intitulada *Sobre os efeitos das correntes elétricas* (Gaspar, v. 3, p. 235-236, 2010), o autor não se dá conta de que para o cientista francês, todos os efeitos magnéticos, eletromagnéticos e eletrodinâmicos eram decorrentes única e exclusivamente da ação mútua entre elementos de corrente, e que portanto, a ideia de um campo magnético existente ao redor de fios condutores era inconcebível.

Colecção B:

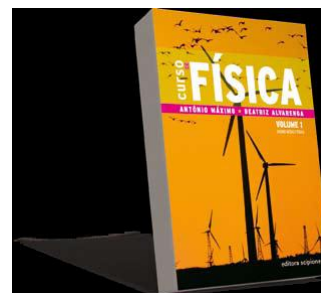
CURSO DE FÍSICA

25046COL22

Antônio Máximo Ribeiro da Luz

Beatriz Alvarenga Alvarez

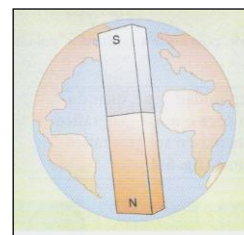
Editora Scipione



Na página 198 do volume 3 desta coleção, encontramos o seguinte texto:

Segundo Gilbert, o polo norte geográfico da Terra seria também um pólo magnético que atrai a extremidade norte da agulha magnética. De modo semelhante, o pólo sul geográfico da Terra se comporta como um pólo magnético que atrai o pólo sul da agulha magnética. Em virtude destas forças de atração, a agulha magnética (ou qualquer outro ímã em forma de barra) tende a se orientar ao longo da direção norte-sul.

De acordo com essa explicação, o pólo norte geográfico da Terra é um pólo sul magnético (pois ele atrai o pólo norte da agulha) e o pólo sul geográfico é um pólo norte magnético. Então, para efeitos magnéticos, podemos imaginar a Terra representada por um grande ímã, como se procura ilustrar na fig. 6-7 (Luz e Alvarez, 2010, v. 3, p. 198).



Pode-se perceber claramente neste caso a versão oficial funcionando como um obstáculo epistemológico para o entendimento dos fenômenos naturais.

O problema aqui é flagrante. Imaginar a Terra representada por um gigantesco ímã com um diâmetro de aproximadamente 13 mil quilômetros de extensão é altamente inverossímil! Não é muito mais provável supor que a origem do magnetismo da Terra se deva a correntes de magma e ferro fundido existentes em seu interior, como aliás, Ampère já havia proposto desde 1820 (Ampère, 1820)? Neste trabalho, pode-se ler:

[...] Encontra-se que, de acordo com o arranjo das substâncias da Terra, esta corrente ocorre do leste para o oeste, e que ela direciona por toda parte a agulha imantada perpendicularmente à sua própria direção. Esta direção traça assim sobre a Terra um paralelo magnético, de modo que o pólo da agulha que deve estar à esquerda da corrente se encontra constantemente levada [por esta corrente terrestre] para o norte [geográfico], e a agulha [fica] direcionada de acordo com o meridiano magnético (*apud* Chaib e Assis, *Ampère e a origem do magnetismo terrestre*, 2007, p. 319).

Coleção C:

FÍSICA
25065COL22
Gualter
Helou
Newton
Editora Saraiva



Na página 269 do volume 3 desta coleção, aparece o seguinte comentário sobre a origem do campo magnético terrestre:

O mecanismo que origina o campo magnético da Terra e de outros astros ainda não está esclarecido. Certamente o campo magnético da Terra não é gerado por um grande ímã existente em seu interior, pois a alta temperatura dessa região desagregaria seus domínios magnéticos.

Para que um astro possua campo magnético, é preciso que tenha um núcleo líquido e realize um movimento de rotação. Na Lua, por exemplo, que não possui núcleo líquido, não existe campo magnético. O planeta Vênus tem dimensões comparáveis às da Terra e possui núcleo líquido, mas seu campo magnético é menos intenso que o nosso planeta, por rotar com velocidade angular menor.

Acredita-se que o campo magnético de um astro seja gerado por correntes elétricas existentes em seu núcleo líquido (Biscuola, Boas e Doca, 2007, p. 269).

Pode-se perceber que esta explicação é muito mais plausível e convincente do que a que aparece na coleção B. Além disso, ela está muito mais próxima das ideias originais apresentadas por Ampère.

No entanto, esta coleção apresenta outros problemas, como o da inversão histórica, que será discutido na próxima seção.

Coleção D:

QUANTA FÍSICA
25063COL22
Carlos Aparecido Kantor
Lilio Alonso Paoliello Junior
Luis Carlos de Menezes
Marcelo de Carvalho Bonetti
Oswaldo Canato Junior
Viviane Moraes Alves
Editora PD



No capítulo 4, página 170, abaixo do subtítulo O CAMPO MAGNÉTICO E SUAS ONDAS, aparece o seguinte excerto:

Contemporâneo de Ohm, o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) demonstrou que, havendo corrente elétrica em um fio, surge ao seu redor

uma propriedade do espaço capaz de defletir a agulha de uma bússola, competindo com o magnetismo terrestre: trata-se de um campo magnético que só perdura enquanto houver corrente.

Logo em seguida, o físico e matemático francês André-Marie Ampère (1775-1836) formulou a lei que relaciona o valor da corrente elétrica e do campo magnético ao redor de um fio, assim como as forças que existem entre fios por onde passam correntes elétricas e ímãs próximos.

Nessa época, o físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867) buscou unificar a eletricidade e o magnetismo, com resultados de importância científica e industrial. Supondo que, se uma corrente elétrica cria efeitos magnéticos e o inverso deveria ser verdadeiro, utilizou ímãs para gerar corrente elétrica, generalizando, assim, os trabalhos de Ampère. Dessa forma, Faraday deu elementos para que, mais tarde, o físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) e o físico e matemático inglês James Clerk Maxwell (1831-1879) desenvolvessem teorias que unificam eletricidade e magnetismo em uma única teoria: o eletromagnetismo (Menezes et al., p. 170, 2010).

Na seção VEJA MAIS da página 171, intitulada A UNIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA NO SI E A LEI DE AMPÈRE, aparece uma relação entre correntes elétricas e campo magnético:

O campo magnético em um ponto do espaço ao redor de um fio reto depende linearmente do inverso da distância entre o fio e o ponto, e diretamente da intensidade da corrente que percorre o fio, sendo isso expresso pela equação elaborada por Ampère:

$$B = \frac{\mu}{2\pi R} i$$

Nesta equação, B é a intensidade do campo magnético, i a intensidade de corrente elétrica, R a menor distância entre o ponto e o fio e μ a constante de permeabilidade magnética do meio onde se mede o campo magnético, característica de cada meio.

A permeabilidade do ar no Sistema Internacional de Unidades (SI) é de $4\pi \times 10^{-7}$ N.A⁻², o que intensifica o campo magnético tornando-o duzentas vezes maior que no ar.

Com base na lei de Ampère, pode-se perceber que fios com correntes paralelas se atraem, e antiparalelas se repelem e que é possível calcular a interação magnética entre condutores paralelos longos por:

$$F = \frac{\mu i_1 i_2}{2\pi d l}$$

em que F é a força magnética entre os fios, sendo de atração se as correntes elétricas têm o mesmo sentido e de repulsão se as correntes têm sentido contrário; μ é a constante de permeabilidade magnética do meio; i_1 e i_2 são as intensidades das correntes elétricas nos fios; l o comprimento dos fios; e d a distância que os separa (Menezes et al., p. 171, 2010).

Existem vários equívocos nestes dois trechos da obra em questão:

1º) Oersted não demonstrou que a corrente elétrica em um fio dota o espaço de uma propriedade chamada de campo magnético;

2º) André-Marie Ampère não formulou a lei que relaciona o valor da corrente elétrica e do campo magnético ao redor de um fio. A equação $B = \frac{\mu}{2\pi R} i$ não foi elaborada por Ampère e sim deduzida experimentalmente pelos físicos Jean Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841). A partir daí, Pierre Simon de Laplace (1749-1827) encontrou o resultado teórico da ação infinitesimal de um elemento de corrente sobre os pólos de uma agulha imantada ou de um ímã. Em um trabalho de 1824, Biot escreve:

A ação de um fio conjuntivo e retilíneo sobre um elemento magnético, tal como acabamos de obter pelas experiências precedentes, é apenas um resultado composto; pois, ao dividir em pensamento todo o comprimento do fio em uma infinidade de

pedaços de um comprimento muito pequeno, vê-se que cada pedaço deve agir sobre a agulha com uma energia diferente, de acordo com a distância e de acordo com a direção segundo a qual sua ação é exercida. Ora, essas forças elementares são precisamente o resultado simples que é sobretudo importante de conhecer, pois a força total exercida pelo fio é apenas a soma aritmética de seus efeitos. Mas basta usar o cálculo para ir desta resultante à ação simples: é o que fez o Sr. Laplace. Ele deduziu matematicamente de nossas observações a lei de força exercida individualmente por cada pedaço do fio sobre cada molécula magnética que apresentamos a ele. Essa força está dirigida, como a ação total, perpendicularmente ao plano obtido pelo elemento longitudinal do fio, e pela distância mais curta desse elemento até a molécula magnética solicitada. Sua intensidade, como nas outras ações magnéticas, é inversamente proporcional ao quadrado dessa mesma distância (*apud* Chaib e Assis, p. 90, 2007).

Em linguagem matemática atual e no Sistema Internacional de Unidades (SI), a ação magnética descrita acima é dada por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{(i d\vec{l}) \times \vec{u}_r}{r^2}$$

Nesta equação, $i d\vec{l}$ é um *elemento de corrente do fio*, um conceito inventado por Ampère para representar um *comprimento infinitesimal do fio condutor orientado no sentido da corrente*, e que, de acordo com Laplace, Biot e Savart, é responsável pelo surgimento de uma ação magnética infinitesimal em um ponto do espaço a uma distância r do elemento de corrente. O sentido da ação magnética é dado pelo produto vetorial entre o elemento de corrente e o vetor unitário \vec{u}_r que aponta do elemento para o ponto onde se pretende calcular o campo e μ é a permeabilidade magnética do meio.

Ao integrar-se a equação de Laplace para o caso de um fio condutor de corrente elétrica retilíneo infinito agindo sobre os pólos da agulha imantada de uma bússola, encontra-se a ação total do fio como um todo sobre um elemento magnético qualquer (pólo norte ou pólo sul), que é inversamente proporcional à distância deste elemento ao fio.

Repare que a expressão “campo magnético” não é mencionada, já que o que existe para Biot, Savart e Laplace é uma interação entre as moléculas dos corpos metálicos e as moléculas dos fluidos magnéticos existentes no interior da agulha de uma bússola ou no interior de um ímã (Abrantes, p. 162, 1998);

3º) Em nenhum momento foi citado no texto a maneira pela qual se concluiu que “o campo magnético em um ponto do espaço ao redor de um fio reto depende linearmente do inverso da distância entre o fio e o ponto, e diretamente da intensidade da corrente que percorre o fio”. Ou seja, a ênfase recai sobre a matemática da proporcionalidade entre grandezas físicas e não sobre a física da construção empírica de equações a partir de certos construtos teóricos elaborados de antemão;

4º) O texto não explicita como é possível “perceber”, com base na lei de Ampère, que fios com correntes paralelas se atraem, e antiparalelas se repelem, dando a impressão de que as equações da física surgem do nada;

5º) A equação em que se afirma ser possível calcular a interação magnética entre fios condutores paralelos longos, é apresentada de maneira incorreta. Aparentemente, trata-se apenas de um erro gráfico, já que a mesma equação aparece corretamente escrita no final da página. No entanto, como o erro se repete duas vezes e na mesma página, isso acaba demonstrando um certo descuido por parte do revisor.

6º) Da mesma forma que se tomou o cuidado de dizer que B é a *intensidade* do campo magnético, também deveria ser dito que F é a *intensidade* da força magnética entre os fios, já que ambas as grandezas são vetoriais.

III – O Problema da Inversão Histórica

As coleções A, B e C apresentam o assunto de Eletromagnetismo de uma maneira invertida em relação ao seu desenvolvimento histórico. O conceito de corrente elétrica é anterior ao conceito de carga elétrica.

Portanto, nos parece mais natural apresentar a força magnética proposta por Hermann Günther Grassmann (1809-1877), em 1845, deduzida a partir da Lei de Biot-Savart, cujo módulo é dado por $F = i l B \sin\theta$, e posteriormente apresentar a força magnética proposta por Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), em 1892, cujo módulo é dado por $F = q v B \sin\theta$.

Além disso, é preferível que não se faça uma conexão entre essas duas equações através dos conceitos de velocidade, dada por $v = l/\Delta t$, e de corrente elétrica, dada por $i = q/\Delta t$, pois não foi isso que ocorreu historicamente. O primeiro a deduzir a expressão que hoje chamamos de força de Lorentz parece ter sido James Clerk Maxwell (1831-1879), em 1864, a partir de uma generalização da lei de indução eletromagnética de Faraday, de 1831, para o caso em que o circuito (ou parte dele) está em movimento com velocidade constante (Ribeiro, 2008, p. 28-30).

O problema da inversão histórica pode ser ilustrado pelo seguinte parágrafo encontrado no volume 3 da coleção A:

Se há interação entre campo magnético e partículas portadoras de carga elétrica, há interação entre campo magnético e um condutor percorrido por corrente elétrica, pois a corrente elétrica é constituída pelo movimento de portadores de carga elétrica (Gaspar, v. 3, p. 195, 2010).

A ideia de que corrente elétrica é o resultado do movimento de portadores de carga elétrica não é óbvio, como pode parecer para um estudante do século XX ou XXI, pois ainda não se tinha desenvolvido o conceito de partículas elementares constituintes dos átomos até o final do século XIX.

IV - Conclusão

Denominar a equação $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$ de *Lei de Ampère* significa representar a ciência como algo que progride em linha reta, sem percalços, acumulando conhecimentos que se encaixam perfeitamente, o que evidentemente é uma falácia. Pior ainda é chamar a equação $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_{\vec{E}}}{dt}$ de *Lei de Ampère-Maxwell*, visto que os dois pesquisadores trabalharam em programas científicos de pesquisa completamente antagônicos, como acabamos de ver. Estampar lado a lado os nomes de Ampère e Maxwell produz como efeito imediato a adesão do leitor ao programa de pesquisa desenvolvido matematicamente pelo cientista inglês, ou seja, à teoria dos campos, sem lhe dar a oportunidade de fazer uma reflexão crítica sobre as teorias concorrentes.

Ampère nunca aceitou a ideia de campo como mediador de uma interação física, e alterar este quadro que se apresenta nos livros-textos ajudaria a preservar a memória do grande cientista francês, que acreditava que o magnetismo era simplesmente um efeito decorrente da interação a distância entre elementos de corrente.

Em sua obra máxima, Maxwell defendeu que, “de um ponto de vista filosófico, é extremamente importante que os dois métodos sejam comparados, ambos os quais tiveram sucesso na explicação dos principais fenômenos eletromagnéticos e ambos os quais tentaram explicar a propagação da luz como um fenômeno eletromagnético e de fato calcularam sua velocidade” (Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, v. 1, *Preface to the First Edition*, p. x, 1873), procurando desta forma, apresentar sua teoria como uma alternativa para entender como se dava a interação eletromagnética entre corpos separados no espaço.

Em relação ao trabalho de Ampère e sua força entre elementos de corrente baseada em ação a distância, Maxwell diz:

A investigação experimental pela qual Ampère estabeleceu as leis da ação mecânica entre correntes elétricas é um dos feitos mais brilhantes na ciência. O conjunto de teoria e experiência parece como que se tivesse pulado, crescido e armado do cérebro do ‘Newton da eletricidade’. Ele é perfeito na forma, e de acurácia irrefutável, e está resumido numa fórmula a partir da qual todos os fenômenos podem ser deduzidos, e que tem de sempre permanecer como a fórmula mais importante da eletrodinâmica (Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, v. 2, artigo 528, p. 175, 1873).

Em seu livro de 1962, intitulado *A Estrutura das Revoluções Científicas*, o historiador e filósofo da ciência Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) nos alerta sobre o seguinte:

[...] sendo os manuais veículos pedagógicos destinados a perpetuar a ciência normal, devem ser parcial ou totalmente reescritos toda vez que a linguagem, a estrutura dos problemas ou as normas da ciência normal se modifiquem. Em suma, precisam ser reescritos imediatamente após cada revolução científica e, uma vez reescritos, dissimulam inevitavelmente não só o papel desempenhado, mas também a própria existência das revoluções que os produziram.

[...] Deste modo, os manuais começam truncando a compreensão do cientista a respeito da história de sua própria disciplina e em seguida fornecem um substituto para aquilo que eliminaram. É característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja como acontece mais frequentemente, em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior. Através dessas referências, tanto os estudantes como os profissionais sentem-se participando de uma longa tradição histórica. Contudo, a tradição derivada dos manuais, da qual os cientistas sentem-se participantes, jamais existiu. Por razões ao mesmo tempo óbvias e muito funcionais, os manuais científicos (e muitas das antigas histórias da ciência) referem-se somente àquelas partes do trabalho de antigos cientistas que podem facilmente ser considerados como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais. Em parte por seleção e em parte por distorção, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente representados como se tivessem trabalhado sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizado o mesmo conjunto de cânones estáveis que a revolução mais recente em teoria e metodologia científica fez parecer científicos. Não é de admirar que os manuais e as tradições históricas neles implícitas tenham que ser reescritas após cada revolução científica. Do mesmo modo, não é de admirar que, ao ser reescrita, a ciência apareça, mais uma vez, como sendo basicamente cumulativa (Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, p. 175-176).

Pretendemos com este trabalho ajudar a evitar um grande equívoco: escrever a história da física de maneira linear e cumulativa, fato que tem levado gerações sucessivas de estudantes ao desinteresse pelo seu estudo, pois promove uma visão distorcida do desenvolvimento da ciência em geral, ao passar a impressão de que somente mentes privilegiadas são capazes de participar dessa grande aventura humana que consiste em procurar desvendar os mistérios da natureza.

Finalizando, gostaríamos de salientar que, de acordo com pesquisadores da área da Psicologia da Educação, quando idéias antagônicas são contrastadas, seu aprendizado torna-se mais eficaz (Keller e Schoenfeld, 1971; Ausubel e col., 1980; Dorin, 1981, 1983). Eles afirmam que a aprendizagem de conceitos pode ser alcançada através da apresentação de séries de exemplos e não-exemplos, dispostos de forma a maximizar a atuação dos processos de generalização e discriminação. A comparação entre o exemplo e seu correspondente não-exemplo procura destacar o aspecto crucial em que eles diferem, facilitando a discriminação entre eles. Por outro lado, a comparação entre os vários exemplos, deve ajudar no processo de generalização. Por meio de tal procedimento, acredita-se que o ensino de determinado conceito seja eficaz, mantendo-se bastante resistente ao esquecimento.

VI - Referências

- ABRANTES, P. C. C. *Imagens de Natureza, Imagens de Ciência*. Campinas: Papirus Editora, 1998.
- AMPÈRE, A.-M. Suite du Mémoire sur l'Action mutuelle entre deux courans électriques, entre um courant électrique et um aimant ou le globe terrestre, et entre deux aimans. *Annales de Chimie et de Physique*, v. 15, p. 170-208, 1820. Disponível em: <http://www.ampere.cnrs.fr/>. Acesso em: 17/03/2011.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. *Tópicos de Física*, 3. São Paulo: Saraiva, 2007.
- CHAIB, J. P. M. de C.; ASSIS, A. K. T. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p. 65-70, 2007. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-Bras-Ens-Fis-V29-p65-70%282007%29.pdf>. Acesso em: 09/07/2010.
- CHAIB, J. P. M. de C.; ASSIS, A. K. T. Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, v. 5, n. 1, p. 85-102, jan-jul 2007. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V5-p85-102%282007%29.pdf>. Acesso em: 09/07/2010.
- CHAIB, J. P. M. de C.; ASSIS, A. K. T. Ampère e a origem do magnetismo terrestre. I Simpósio de Pesquisa em Ensino d História de Ciências da Terra. III Simpósio Nacional sobre Ensino de Geologia no Brasil. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/simposioensino/simposioensino2007/artigos/008.pdf>. Acesso em: 29/05/2011.
- CHAIB, J. P. M. de C. *Análise do Significado e da Evolução do Conceito de Força de Ampère, juntamente com a Tradução Comentada de sua Principal Obra sobre Eletrodinâmica*. Campinas, 2009. Tese (Doutorado) – Instituto de Física ‘Gleb Wataghin’, Universidade Estadual de Campinas.

- DORIN, L. *Variações de um procedimento metodológico para o ensino de conceitos: um estudo comparativo*. São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.
- . *Psicologia na Escola*. São Paulo: Editora do Brasil, 1983.
- GASPAR, A. *Compreendendo a Física*. Volume 3. São Paulo: Ática, 2010.
- GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS: PNLD 2012: FÍSICA. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011.
- KELLER, F. S.; SCHOENFELD, W. N. *Princípios da Psicologia*. São Paulo: E. P. U., 1971.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962). São Paulo: Perspectiva, 1994.
- LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Curso de Física*, volume 3. São Paulo: Scipione, 2010. (Coleção Curso de Física).
- MARTINS, R. de A. Orsted e a Descoberta do Eletromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 89-114, 1986. Disponível em: <http://ghc.ifci.unicamp.br/pdf/ram-30.pdf>. Acesso em: 27/07/2010.
- MARTINS, R. de A. Contribuição do Conhecimento Histórico ao Ensino do Eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, número especial, p. 49-57, jun. 1988.
- MENEZES, L. C. de. et al. *Física*. 3º ano. Ensino Médio. São Paulo: Editora Pueri Domus, 2010. Coleção Quanta Física.
- ØRSTED, H. C. Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 115-22, 1986. Título original: *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*. Tradução e comentários de Roberto de Andrade Martins do artigo original de 1820.
- RIBEIRO, J. E. A. *Sobre a Força de Lorentz, os Conceitos de Campo e a “Essência” do Eletromagnetismo Clássico*. São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-27082008.../Dissert.pdf. Acesso em: 15/07/2011.
- WHITTAKER, E. T. *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Vol. 1: The Classical Theories. New York: Tomash Publishers, American Institute of Physics, 1951.