

Aula 9

CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UMA CORRENTE ELÉTRICA

META

Fazer com que o estudante comece a pensar no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação.

Fazer com que os alunos percebam através de um texto básico complementado com atividades lúdicas, *applets* de ensino, vídeos, que o fenômeno físico campo magnético produzido por uma corrente elétrica pode ser compreendido de forma simples e divertida. Analisar a biografia de Oersted e Ampère e fazer com que o estudante reflita sobre o que é fazer física.

Introduzir o problema de como se ensinar o conceito de campo magnético. Introduzir a questão: “o que é ensinar física”.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá: estar ciente das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral e das dificuldades de se ministrar um curso de eletricidade e magnetismo. Ter compreendido que as ciências naturais estão baseadas na experimentação e que esta é feita de ensaios, experiências e medidas e que estas levam a compreensão e matematização dos conceitos físicos (naturais em geral). Trazer a discussão sobre o papel que a Matemática tem na formação e no ensino de Física. Através do tema “campo magnético produzido por uma corrente elétrica” vamos discutir as dificuldades inerentes de se ensinar física, que vão além das teorias pedagógicas e de ensino usuais.

PRÉ-REQUISITOS

Os alunos deverão ter cursado as disciplinas Psicologia da Educação, Física A, Física B e Instrumentação I.

Vera Lucia Mello

INTRODUÇÃO

Vamos nesta aula abordar o famoso experimento de *Oersted* e da Lei de *Âmpere*. Escolhemos este tema, pois é um dos temas abordados pelo projeto *Harvard (Harvard Project Physics)*. Não vamos colocar um segundo texto no corpo desta aula, mas vamos pedir que você faça uma análise comparativa no final da aula com os outros textos. Devido ao fato de que há um excelente texto em português contando a história do projeto Harvard e de seu autor, o Prof. Holton, vamos basear nossa análise desse projeto no texto abaixo.

Apesar desse projeto, ter tido vida mais longa e muito mais sucesso que o projeto PSSC, há muito menos material bibliográfico a seu respeito do para o PSSC. Talvez isto se deva ao fato do projeto Harvard ser considerado como um melhoramento deste último, e de que os fatos históricos não terem sido muito modificados dos da época do PSSC.

UMA LEITURA DE: "UMA CONVERSA COM GERALD HOLTON"

Texto original de Bernardo J. de Oliveira e Olival Freire Jr.

O professor Holton começou sua carreira na área do ensino de Física escrevendo material paradidático para completar sua renda, já que tinha acabado de se casar. Assim, acabou aceitando o convite para escrever um capítulo sobre o som para a enciclopédia "*Tesouro da Juventude*" ou *The book of knowledge*. A partir desse artigo ele escreveu o livro de difusão cultural "*The story of sound*", que continuou sendo publicado por 40 anos. Mais tarde, escreveu o livro "A imaginação científica". Seus livros são "As origens temáticas do pensamento científico" e "*Origens Temáticas do Pensamento Científico de Kepler a Einstein*". Nesta época, ele era apenas um auxiliar de ensino e não queria que seu nome aparecesse, de modo que suas primeiras publicações foram anônimas.

Foi um dos primeiros cientistas a contribuir a popularização da ciência e é adepto da difusão cultural. É considerado um dos pais da "Abordagem Contextual", que é denominado hoje de "*Abordagem conectiva*".

Foi ajudado neste desenvolvido pelo fato do Presidente de Harvard, James Conant, desejar que na instituição fosse implantado um curso de introdução geral para as cadeiras de ciências exatas, humanas e sociais, que contemplasse os aspectos históricos como as conexões entre estas ciências. O próprio reitor escrevia esse tipo de texto como lecionava três vezes por semana.

A ideia era ensinar não aquilo que todo estudante de Física tem que aprender leis de Newton, átomos etc., mas algo mais abrangente, que mostrasse os vínculos históricos e técnicos, assim como as conexões com as outras ciências vizinhas. Cada aluno tinha que cursar pelo menos um

desses cursos, de forma a desenvolver uma visão de mundo científica. Teria tido uma perspectiva ampla e não apenas através das lentes de uma das disciplinas acadêmicas isoladas. Para tais cursos defendia que se retomassem as questões iniciais que os gregos já tinham colocado, sobre o sistema solar, por exemplo, o tamanho da Terra, etc. Indagações que não são novas, mas que revelam de onde a ciência iniciou, que tipo de questões levanta, que tipo de ferramentas teóricas movimenta, como a Matemática e Física valiam para responder tais questões. E fazer isso não somente para Física, mas para Química, Geologia entre outras. Nesse caminho, ir de Galileu até Fermi e a energia nuclear. Este foi um livro muito bem sucedido.

Esse trabalho redundou no livro “*Foundations of modern physical science*”. Na década de 60 a Fundação para a Ciência Nacional o convidou para fazer um material de ensino desse tipo para o Ensino Médio. Esse material recebeu o nome de “*Project Physics Course*” ou simplesmente de Harvard. É importante frisar que, nos EUA, os cursos de Física são geralmente no final do Ensino Médio, quando os estudantes têm 17 anos, e no ano seguinte estarão nas faculdades como calouros. Portanto, o mesmo livro pode se adequar a esses dois públicos. Assim, o *Project Physics*, que havia sido idealizado para o Ensino Médio, foi também adotado nas faculdades e foi muito bem até o começo dos anos 70. A cada ano, 200 mil alunos se iniciavam utilizando esse livro, que logo foi traduzido para italiano, chinês, russo, português (traduzido pela Fundação Gulbenkian de Portugal). Ao contrário de outros cursos, foi proibido que esse texto fosse traduzido literalmente, mas, sim, que fosse adaptado para cada país, cultura. Influência de sua própria formação, pois, este estudou na escola de Viena onde tinha 8 anos de ensino geral. Um outro desdobramento desse trabalho é o livro “Entendo a Física”. Um livro que acabou sendo direcionado ao público universitário.

Ao contrário do curso PSSC teve grande aceitação e como prova disso, enquanto que no PSSC havia somente 4% de adesão dos alunos ao curso de Física, na época do Harvard havia 25% de adesão dos alunos. Havia treinamento dos professores nas férias (uns 200 mil) e o projeto foi um sucesso enquanto o governo mantinha o financiamento ao treinamento destes, que acabou no governo Nixon. Vale a pena ressaltar que aquele programa só funcionou bem enquanto se podia treinar os professores. É enorme a importância do treinamento dos professores, especialmente para adoção da abordagem conectiva. E naquela época se investiu muito nisso. Treinavam 200 mil professores durante as férias de verão. Em diferentes lugares, professores secundários aprendiam como usar novos materiais e muitos tiveram seu primeiro contato com a História da Ciência, com a Filosofia da Ciência, Ciência Grega e Astronomia.

O projeto contava com o apoio pedagógico de vários filmes de longa metragem produzidos na era PSSC, e contavam com 2 filmes de 50 min e vários curtas, produzidos no projeto Harvard. O projeto contava com

inúmeros experimentos, que como dizia o autor, eram fundamentais para a formação e compreensão da Física por parte do aluno.

Veja o que comentava-se sobre estes filmes: “Cada um desses filmes era muito caro. Na era *Sputnik* havia dinheiro para isso. O que não há mais hoje em dia. Nós fizemos apenas dois longas-metragens (o PSSC fez muitos), porque a eficácia desses filmes era muito limitada. Em longos períodos no escuro, os estudantes dormiam ou faziam outras coisas, em vez de assistir aos filmes. Por isso, fizemos apenas duas médias metragem (30 ou 40 minutos). Um deles, sobre pesquisa em alta energia, mostrava como um experimento científico é desenhado e realizado. Este levou dois anos e meio para ser feito e tinha uma equipe que incluía até antropólogos. Ele se chamava “Pessoas e partículas”, um documentário que ganhou muitos prêmios, inclusive um, por engano, de ficção científica.

UMA LEITURA DOS TEXTOS

O curso de Física “*Harvard*” possui uma abordagem humanística e experimental. Seu texto é de fácil leitura contendo muitas informações históricas sobre cada assunto. Ele é composto dos volumes abaixo:

- Física de Partículas
- Luz e Eletromagnetismo
- Mecânica
- Mecânica e Ondulatória
- Movimento nos Céus

Mecânica é um curso que utiliza a história da ciência de forma bem detalhada e dá ênfase na conservação da energia e colisões. Os textos são de fácil leitura e muito interessantes. Os exemplos são acessíveis e ilustrativos. Como todo o projeto, o texto vem acompanhado de questões de fixação de conteúdo, e no final do fascículo apresenta questões e problemas de reforço.

Física de Partículas, com textos envolventes também, é um curso que usa a história da ciência de forma bem detalhada. Traz muitas curiosidades e está de acordo com a realidade da Física da época, onde havia a corrida dos aceleradores de partículas.

Luz e Eletromagnetismo: o texto sobre a luz é de fácil leitura e também é um curso que utiliza a história da ciência de forma bem detalhada. Os exemplos são acessíveis e ilustrativos.

Campo Elétrico é um curso que utiliza a história da ciência, porém não é tão detalhado como os demais. As razões de não se gastar muito tempo com a exposição teórica de campo elétrico era porque se acreditava que o eletromagnetismo é uma ciência eminentemente experimental, como eles mesmo falam no texto abaixo que transcrevemos. Foi introduzido o conceito

de campo no seu aspecto mais geral, ou seja, definem a palavra campo em seus diversos significados. Inicia com a história da descoberta da magnetita e do âmbar e definem os campos elétricos e magnéticos ao mesmo tempo. Fazem uma introdução histórica baseada nos textos de Gilbert e expõe alguns modelos que foram usados na época e depois rejeitados; como a ideia do fluido elétrico.

CAPÍTULO CATORZE

CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

O tema “eletricidade e magnetismo” constitui um grande domínio da Física moderna e tem ligações importantes com quase todas as outras áreas da Física, Química e Engenharia. Seria impossível esgotar completamente este assunto no tempo destinado a um curso geral. Neste curso consideraremos apenas alguns dos tópicos principais que servirão de base aos capítulos posteriores. As principais aplicações dos conhecimentos introduzidos neste capítulo aparecerão mais tarde: o desenvolvimento da tecnologia elétrica (Capítulo 15), o estudo da natureza da luz e das ondas eletromagnéticas (Capítulo 16) e o estudo das propriedades das partículas atômicas e sub-atômicas (Unidade 5).

Neste capítulo trataremos em primeiro lugar das cargas elétricas e das forças que se estabelecem entre elas. Esta análise será breve porque a melhor maneira de aprender este assunto não é lendo mas fazendo experiências no laboratório (ver experiência 4-3 do Manual). Em seguida mostraremos como é que a ideia de um “campo” simplifica a descrição dos efeitos elétricos e magnéticos. Depois, consideraremos as correntes elétricas que são constituídas por cargas em movimento. Combinando o conceito de campo com a ideia de energia potencial, podemos estabelecer relações quantitativas entre a intensidade de corrente elétrica, tensão e potência. Essas relações serão necessárias para as aplicações práticas que se analisarão no Capítulo 15.

(Projeto Harvard - *Campos Elétricos e Magnéticos*, p. 31 Cap. 14 <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/hpp/_camposeletricosemagnetic.arquivopdf.pdf>)

No momento em que abordam os conceitos de força elétrica e magnética e de campos elétricos e magnéticos, fazem uso dos textos clássicos e da comparação com o campo gravitacional para obter a Lei de Coulomb, ou seja, da equação da força elétrica. Em seguida, discutem a experiência de Millikan, na qual se determinou o valor da carga elementar. Como todo o projeto, os textos são acompanhados de questões de fixação de conteúdo, e no final do fascículo são apresentados questões e problemas de reforço.

REQUISITOS BÁSICOS PARA UM PROFESSOR USAR ESTE MATERIAL

- Bom conhecimento da história da ciência e muita leitura;
- Bom domínio da parte experimental envolvida;
- Saber conduzir uma sala de aula com aula expositiva e ao mesmo tempo aberta ao debate.
- Ter em mente que os exercícios são um estudo dirigido complementar ao estudo do texto.

ANÁLISE COMPARATIVA

Uso da História da Ciência

- O projeto *Harvard* tem um caráter humanista. Ao ler os seus textos, tem-se a impressão de um diálogo com o autor, como se ele estivesse lhe contando uma história.

- Já o PEF é um material que coloca o aspecto histórico como “texto complementar”. Usa a história ou para ilustrar a física ou em leituras suplementares para classes que dispusessem de um número maior de aulas semanais ou para atender aos alunos mais interessados.

- Por exemplo, no *Harvard* observamos que para problematizar e iniciar os estudos do campo elétrico foi utilizado trechos dos trabalhos do cientista Gilbert enquanto que no PEF observamos somente um box no final do texto contando a história de Alexandro Volta.

- O projeto *Harvard* mostra como ocorreu todo o desenvolvimento dos pensamentos sobre a eletricidade mostrando no início dos estudos sobre o campo elétrico a dificuldade em se diferenciar um campo elétrico de um campo magnético, o que não é convencional nos livros didáticos atuais, e um refinamento da ideia de campo em outros aspectos que não só físicos, como por exemplo, campo de futebol, campo de batalha, campo político etc.

- Em contrapartida o PEF trata o assunto campo elétrico isoladamente e de forma direta. Através de experimentos que ocorreram ao longo de toda a história da humanidade.

- O *Harvard* mostra também toda a evolução de um pensamento, incluindo quebra de paradigmas.

ASPECTOS MATEMÁTICOS

- Quanto aos aspectos matemáticos, tanto o projeto Harvard quanto o PEF, ao menos na parte de campo elétrico, não há deduções matemáticas complicadas.

- O projeto *Harvard* talvez por ter um caráter humanístico, constrói as fórmulas a partir da evolução do pensamento dos cientistas, as fórmulas são mostradas, explicadas e dificilmente deduzidas.

- Os exercícios do PEF são mais numéricos e fechados.

- Ao passo que no Harvard temos dois tipos de exercícios: os apresentados ao final de cada texto que são geralmente fáceis; e os apresentados no final de cada capítulo, onde observamos um grau maior de complexidade, que são mais reflexivos.

- O projeto PEF tem um material mais ilustrado, onde não há muita discussão. O material é mais direto em suas relações. Utiliza a experimentação como forma de aprendizado.

ACÇÃO DAS CORRENTES ELÉCTRICAS SOBRE OS ÍMANES

No princípio do séc. XVIII, começaram a aparecer relatos sobre o facto de as faíscas modificarem a magnetização das agulhas das bússolas e transformarem facas e colheres em ímanes. Alguns investigadores acreditavam que tinham magnetizado agulhas de aço, descarregando uma garrafa de Leyden através delas. Estas comunicações sugeriam que a electricidade e o magnetismo estava, de algum modo, intimamente relacionados. Estas observações não foram, no entanto, seguidas por experiências deliberadamente planeadas que podiam ter conduzido a conceitos e teorias úteis.

Nenhum destes primeiros relatos surpreendeu os filósofos naturalistas europeus do séc. XIX. Estes filósofos estavam convencidos de que todos os fenómenos observados na natureza eram apenas efeitos diferentes de uma única “força”. A sua crença na unidade das forças físicas levava-os naturalmente a esperar que as forças eléctricas e magnéticas estivessem de algum modo associadas ou relacionadas.

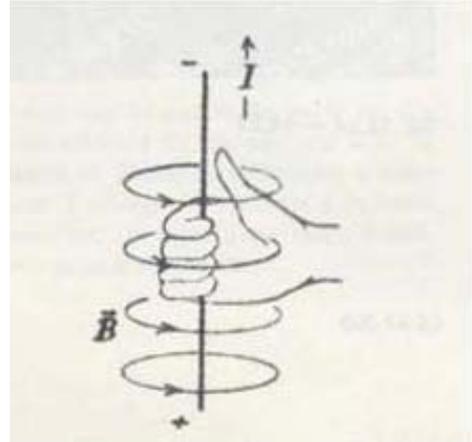
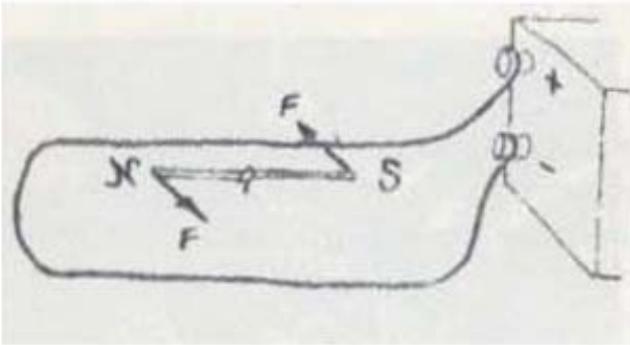
A primeira prova concreta da existência de uma reacção entre a electricidade e o magnetismo surgiu em 1820, quando Oersted realizou uma série de experiências extremamente importantes. (Veja as ilustrações da página seguinte). Oersted colocou uma agulha magnética de uma bússola debaixo de um fio condutor comprido e colocado na horizontal. O fio estava alinhado com a direcção N-S magnética da Terra, de modo que a agulha magnética se orientava naturalmente paralelamente ao fio. Quando Oersted ligou o fio aos terminais de uma bateria, a agulha da bússola rodou para uma orientação Leste-Oeste – quase perpendicularmente ao fio!

As cargas em repouso não afetam um íman, mas as cargas em movimento (uma corrente) exercem força estranha sobre um íman.

Os resultados de Oersted foram os primeiros que se obtiveram em que uma força não actuava paralelamente à linha que unia as origens das forças (como é o caso para as forças existentes entre os planetas ou para as forças que se estabelecem entre cargas eléctricas ou entre pólos magnéticos). A força que se exerce entre um fio onde passa corrente e cada um dos pólos magnéticos da agulha da bússola não actua segundo a linha que liga o fio ao pólo. De facto, para que a agulha se mova como o faz, a força tem que actuar perpendicularmente a esta linha. A agulha magnética não é atraída nem repelida pelo fio, roda sim no plano horizontal, devido às forças que actuam sobre os seus pólos.

Este era um efeito completamente novo e não admira que tenha levado tanto tempo até que alguém descobrisse a relação entre a electricidade e o magnetismo. Uma análise mais aprofundada revelou mais claramente o que acontecia nesta experiência. O fio rectilíneo e comprido por onde passava a corrente cria um campo magnético. Este campo faz girar um íman pequeno de modo que a direcção Norte-Sul do íman fique tangente a um círculo com centro no fio e situado num plano perpendicular a este. Deste modo, a corrente produz um campo magnético circular e não um campo orientado para o centro, como se esperava.

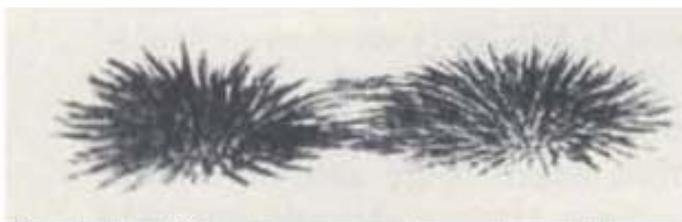
Definimos a direcção e sentido do vector campo magnético em cada ponto como sendo a direcção e sentido da força que se exerce sobre o pólo de uma agulha magnética que aponta para o Norte quando colocado nesse ponto. A força que se exerce sobre o pólo Sul da agulha terá um sentido oposto ao do campo. A agulha de uma bússola reagirá às forças opostas que actuam nos seus pólos rodando até apontar, tão exactamente quanto é possível, no sentido do campo. Podemos visualizar a “forma” do campo magnético à volta de uma corrente, espalhando limalha de ferro numa folha de papel que é atravessado pelo fio onde passa a corrente. A limalha fica magnetizada e comporta-se como um conjunto de pequenas agulhas magnéticas, indicando a direcção e sentido do campo. Os bocadinhos que constituem a limalha de ferro têm também tendência a unir-se pela extremidades e, desse modo, a forma em que se dispõe a limalha de ferro indica as linhas de força que se criam à volta de qualquer fio onde passa corrente ou em redor de uma barra magnética. Estas linhas constituem uma “representação visual” do campo magnético.



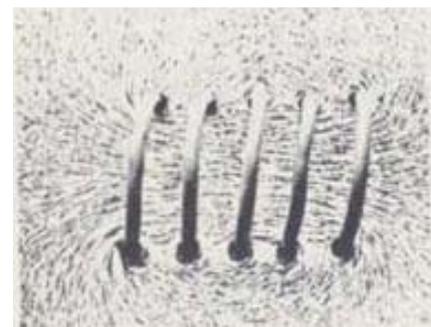
Uma regra útil: se o polegar apontar no sentido do deslocamento da carga, os dedos doam-se no sentido das linhas de força do campo magnético. Discutir-se-à o módulo de B na Secção 14.13. Use a mão direita para o fluxo de cargas positivas, e a mão esquerda para o fluxo de cargas negativas.

Projeto Harvard - *Campos Eléctricos e Magnéticos*, p. 62 Secção 14.11.
Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/hpp/_camposeletricosemagnetic.arquivopdf.pdf>

Podemos usar um argumento semelhante para determinar a “forma” do campo magnético produzido pela corrente que passa numa bobina, em vez de passar por um fio rectilíneo. Para isso, enrola-se o fio em espiral, de modo a que as espiras atravessem o papel em dois sítios. Os efeitos magnéticos que a diferentes partes do fio provocam na limalha de ferro produzem uma figura semelhante àquela que é produzida por uma barra magnética.

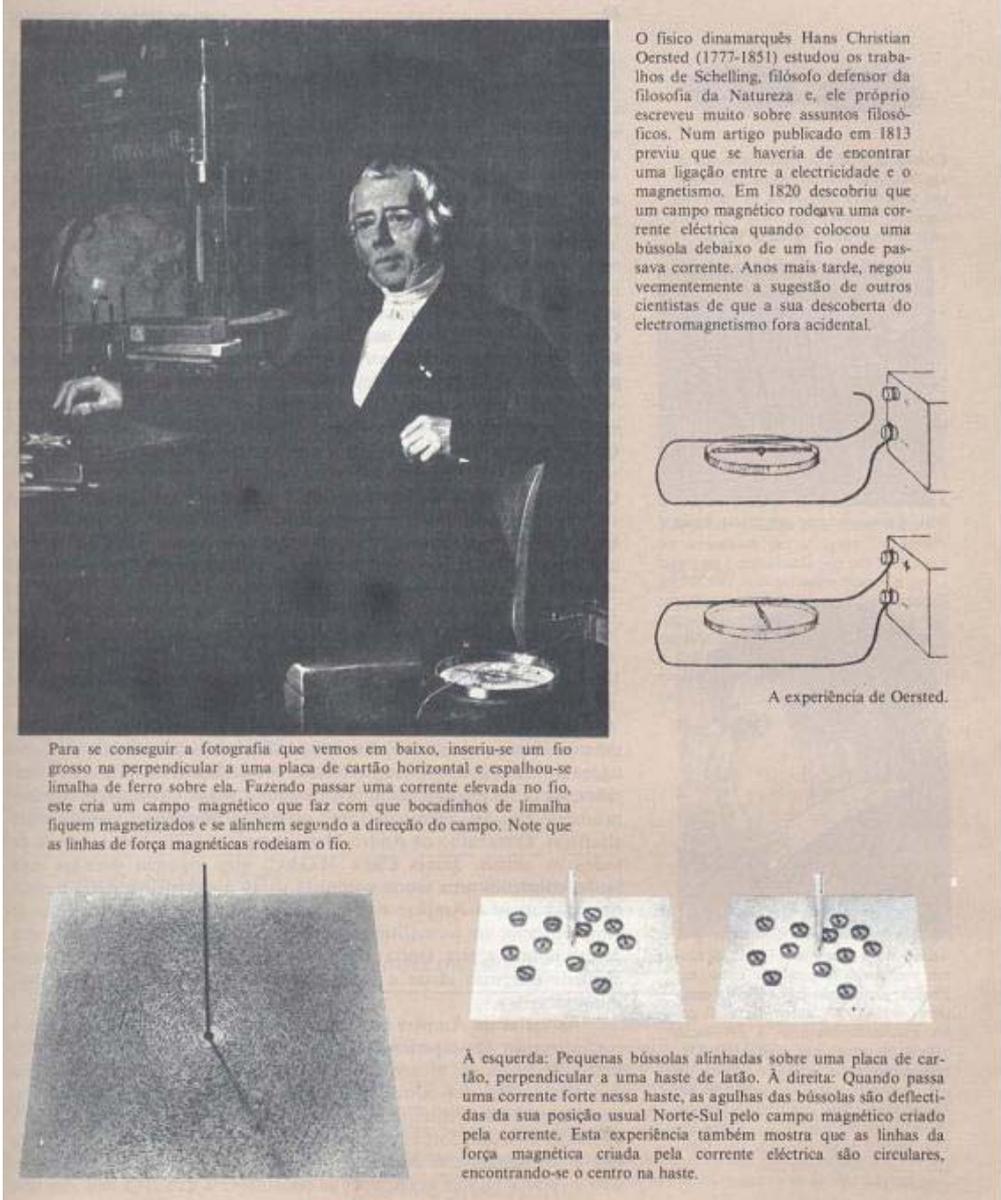


Cristais de óxido de ferro em forma de agulhas num campo magnético criado por uma barra magnética. O íman está colocado debaixo da folha de papel onde se espalhou o óxido de ferro.



Alinhamento da limalha de ferro produzido pela corrente que passa numa bobina.

Projeto Harvard - *Campos Eléctricos e Magnéticos*, p. 64 Secção 14.11.
Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/hpp/_camposeletricosemagnetic.arquivopdf.pdf>



O físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) estudou os trabalhos de Schelling, filósofo defensor da filosofia da Natureza e, ele próprio escreveu muito sobre assuntos filosóficos. Num artigo publicado em 1813 previu que se haveria de encontrar uma ligação entre a electricidade e o magnetismo. Em 1820 descobriu que um campo magnético rodeava uma corrente eléctrica quando colocou uma bússola debaixo de um fio onde passava corrente. Anos mais tarde, negou veementemente a sugestão de outros cientistas de que a sua descoberta do electromagnetismo fora accidental.

Para se conseguir a fotografia que vemos em baixo, inseriu-se um fio grosso na perpendicular a uma placa de cartão horizontal e espalhou-se limalha de ferro sobre ela. Fazendo passar uma corrente elevada no fio, este cria um campo magnético que faz com que bocadinhos de limalha fiquem magnetizados e se alinham segundo a direcção do campo. Note que as linhas de força magnéticas rodeiam o fio.

À esquerda: Pequenas bússolas alinhadas sobre uma placa de cartão, perpendicular a uma haste de latão. À direita: Quando passa uma corrente forte nessa haste, as agulhas das bússolas são deflectidas da sua posição usual Norte-Sul pelo campo magnético criado pela corrente. Esta experiência também mostra que as linhas da força magnética criada pela corrente eléctrica são circulares, encontrando-se o centro na haste.

A experiência de Oersted.

Projeto Harvard – p.63.

Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/hpp/_camposelétricoemagnético.arquivo-pdf.pdf>

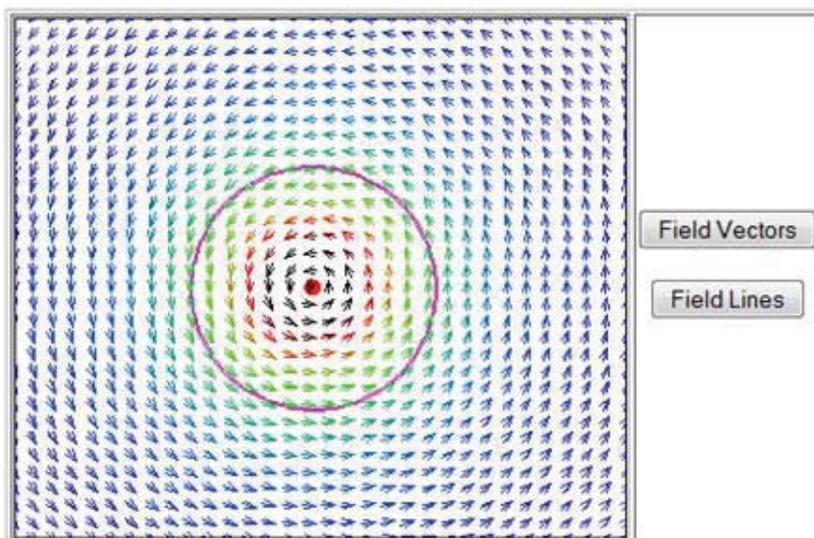


APPLETS DE ENSINO

Como nas outras Instrumentações, sugerimos alguns sites de ensino com material de multimídia para análise. Segue abaixo, um guia de dicas para você analisar.

Explore os *applets* do projeto *webphysics* do prof. Davidson acessando o link: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/menu_semester2.html>

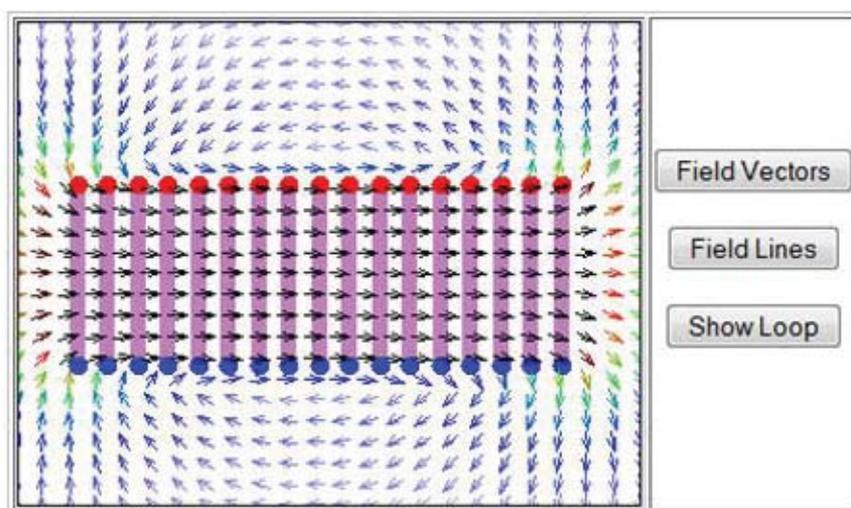
1. Campo produzido por um fio infinito. Link: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_ampere_long.html>



Applets do projeto *webphysics*.

Disponível em: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_ampere_long.html>

2 – Campo dentro de um solenóide. Link; <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_solenoid.html>



Applets do projeto *webphysics*.

Disponível em: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_solenoid.html>

VIDEO AULAS

1. ELETRICIDADE - Campo Magnético Gerado por Corrente Elétrica.
Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=6DjHQmtz2UQ>>
2. Física Animada- Interação Entre Campo Magnético e Corrente Elétrica.
Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=p9aciGjJ6nA>>

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

1. Lei de Ampere. Experimento tirado do Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - UNESP/Bauru. Link: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele20.htm>>

Ideia do Experimento

É possível mostrar de forma simples o experimento feito por Ampère usando apenas fios finos e pilhas comuns. Os fios devem ser finos e leves porque estamos tratando de um experimento simples e com baixas correntes. Isso gera um campo magnético fraco e conseqüentemente a força magnética de atração associada a ele também será fraca. Se os fios são pesados demais, esta força não será suficiente para movê-los. Então, tomando estes cuidados, veremos que dois fios finos se atraem mutuamente, quando passam por eles correntes elétricas de mesmo sentido. Para isso, basta esticarmos dois pedaços de fios de fone de ouvido (os fios de fone de ouvido retirados de “*walkman*” são mais indicados por serem finos e leves) sobre uma régua de madeira e conectá-los a algumas pilhas. Nesta conexão, faz-se com que a corrente elétrica fornecida pelas pilhas passe em ambos os fios e com o mesmo sentido. O resultado final, é que estes fios se atraem mutuamente (mais na região central do que nas extremidades).

Tabela do Material

Item	Observações
ripa de madeira	Uma ripa de madeira com aproximadamente 2cmX60cm, que pode ser conseguida em construções ou nos retalhos de uma marcenaria. Pode ser usado uma régua de 60cm de madeira que pode ser comprada em papelarias.
fio de “walkman”	Neste experimento usamos o fio de fone de ouvido de “walkman”. Alguns fios de fone de ouvido são bem leves e maleáveis. Estes são os mais indicados.
fio elétrico para conexões	Fio elétrico para conexões podem ser encontrados em casa de materiais elétricos, supermercados ou podem ser retirados de aparelhos elétricos velhos.
pilhas	Podem ser compradas em lojas, papelarias, padarias e supermercados. Serão necessárias um mínimo de quatro pilhas comuns, podendo chegar até oito.
pregos	Os pregos devem ser pequenos e finos. Serão usados dois pregos para prender os fios na madeira.
fita adesiva	Pode ser encontrada em papelarias, bazares, supermercados, lojas do tipo R\$1,99, etc.

Montagem

- Corte as duas extremidades dos fios de um fone de ouvido de “walkman” e separe-os de forma que fiquem com dois pedaços de fio com aproximadamente 70cm cada. Veja a figura abaixo.



Fone de ouvido de walkman.

Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele20.htm>>

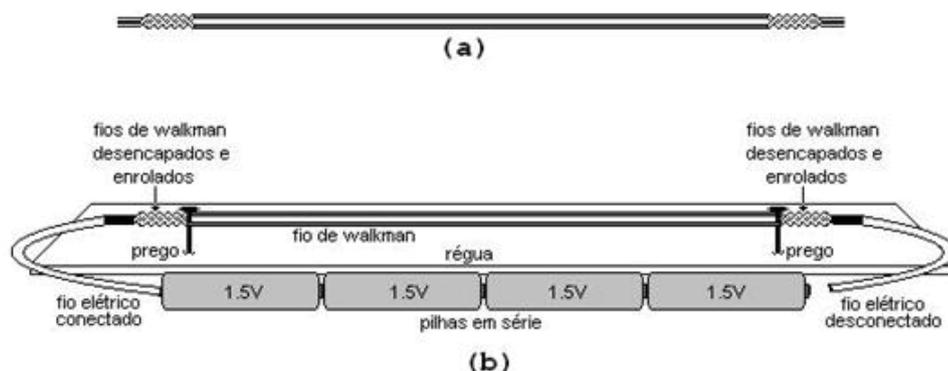
- Desencape as duas extremidades dos dois fios.
- Coloque os fios em paralelos e una as extremidades, enrolando junto suas pontas desencapadas, como mostra a figura (a) abaixo.
- Pregue dois pregos na régua de madeira de 60cm, mais ou menos a 10cm das extremidades.
- Lace as extremidades dos fios já enrolados nos pregos. Enrole mais

o fio, um pouco de cada lado, até que os fios desencostem da madeira e fiquem um pouco esticados.

- Caso as extremidades desencapadas dos fios de “walkman” não forem suficientes para alcançar as extremidades da associação de pilhas, faça a conexão de um pedaço de fio elétrico nas extremidades do fio de “walkman” e nas extremidades da associação de pilhas. Como mostra a figura (b) abaixo.

- A associação de pilhas é montada conectando-se o pólo positivo de uma pilha com o pólo negativo de outra. Como mostra a figura (b) abaixo. Para se manter fixa a associação de pilhas, grude fita adesiva em torno das pilhas na região de seus contatos.

- Afixa-se com fita adesiva o contato dos fios elétricos com a associação de pilhas.

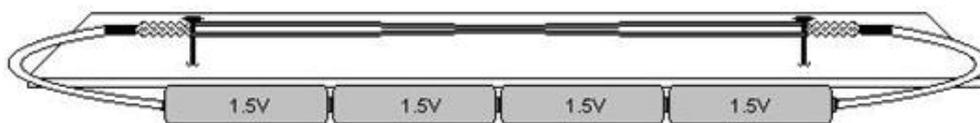


COMENTÁRIOS SOBRE AS ATIVIDADES

- Este experimento pode apresentar um inconveniente: a tensão necessária para a realização do experimento. A tensão mínima para fazer com que os fios se atraiam vai depender principalmente da escolha do(s) fio(s). Quanto mais resistentes eles forem, menor será a corrente elétrica que passará por eles e conseqüentemente, menor será o campo magnético gerado. Neste experimento, conseguimos provocar pequenas oscilações nos fios - no sentido da atração - com uma tensão de 6 volts (4 pilhas). No nosso entender, essas oscilações já demonstram que os fios vão se atrair. Mas, se você realmente quer vê-los “grudados” como mostra a figura do esquema geral de montagem, talvez você precise aumentar a tensão para um valor entre 9 e 15 volts. As figuras deste texto mostram uma associação em série de 4 pilhas comuns, com 1,5 volts cada, gerando uma tensão resultante de 6 volts. Para se produzir 9 volts, por exemplo, acrescente mais duas pilhas à série.
- Tome cuidado ao escolher o fio de “walkman”. O bom funcionamento

deste experimento depende quase que exclusivamente dessa escolha. Este fio deve ser bem fino e muito maleável. A maleabilidade é importante para que os fios possam se curvar no momento da atração e também para que eles não se deformem enquanto são manipulados. No término da montagem os fios devem estar retos, paralelos e um pouco esticados. Quando dizemos, um pouco esticados, queremos dizer que eles devem estar esticados o suficiente para se manterem retos, paralelos e também para se apoiarem suspensos nos pregos e não encostarem-se à régua. Pois se isso acontece, aparece o atrito entre eles e a régua, o que não é desejável. Por outro lado, não podem estar muito esticados, pois se estiverem, a força magnética gerada não conseguirá vencer a tensão dos fios.

Esquema Geral de Montagem:



Esquema geral de montagem



1. Você vê muita diferença entre o material produzido para os projetos *Harvard* e PSSC? Comente.
2. Você vê muita diferença entre o material produzido para os projetos *Harvard* e PEF? Comente.
3. Você vê muita diferença entre o material produzido para o projeto *Harvard* e o seu livro didático? Comente.
4. Como você analisa a transposição didática destes projetos com relação a um texto universitário do ciclo básico (por exemplo Halliday)?
5. Do seu ponto de vista qual é o conceito mais intuitivo para os estudantes do 2º grau: Força ou campo? Como você explicaria a experiência de Oersted ora usando o conceito de força ora de campo?
6. Como você ilustraria o conceito de campo magnético para seus (futuros) alunos?
7. O que você acha do texto do *Harvard*? Você acha que poderíamos usá-lo como livro texto?

8. Alguns livros textos trazem a experiência de Oersted como se ele estivesse intencionalmente procurando demonstrar o efeito da corrente elétrica sobre um ímã permanente, quando o fato foi acidental. Isso aparece mesmo em livros textos aprovados pelo PNLEM, por exemplo, o Bonjorno. Pesquise os livros textos que você tem a disposição e relate como eles narram estes fatos.
9. Devido ao alto grau de abstração, muitos físicos e grupos de ensino estão fazendo animações gráficas e *applets* que demonstram virtualmente as linhas de campo. Colocamos alguns links acima para você explorá-los. Faça um comentário a respeito deles.
10. Com o advento da televisão alguns grupos de ensino e ou instituições estão fazendo vídeos aulas sobre temas interessantes e complexos de Física. Colocamos alguns links acima para você explorá-los. Faça um comentário a respeito deles.
11. Colocamos acima alguns exemplos e/ou links de experimentos de baixo custo para analisar a possibilidade de usá-los em sala de aula. Comente se você os usaria ou não como recurso didático em sala de aula?

CONCLUSÃO

O estudante de licenciatura deve ter ficado ciente do processo de evolução dos projetos de ensino de Física e do livro didático. Deve ter aprendido que existem várias formas de se ensinar Física e de como enriquecer sua aula. Devem ter percebido o papel fundamental que o projeto Harvard teve sobre o PEF e sobre vários autores de livros didáticos.

Com a análise dos experimentos de baixo custo e dos recursos de multimídias que colocamos no final da aula o futuro professor deve ter ficado com algumas boas ideias de como este pode enriquecer uma aula sobre o tema Lei de *Coulomb*.



RESUMO

Completando a nossa análise dos projetos de ensino de física apresentamos o projeto *Harvard*. Contamos um resumo de sua história e o papel muito importante que os seus mentores e autores, os Professores Holton e Conant tiveram no seu sucesso. Apresentamos a lei de Àmpere através do material do projeto *Harvard*, e o analisamos.

Em seguida apresentamos vários experimentos de baixo custo para que explore as possibilidades que estes oferecem para se ministrar um curso usando mais ferramentas fenomenológicas e menos formais. Colocamos excelentes applets de ensino como recurso de simulação de fenômeno físico para ser explorado.

Como há ótimos vídeos de ensino colocamos alguns deles como referência, e deixamos sua exploração como atividade, pois no curso de Instrumentação I não usamos os vídeos didáticos como ferramenta didática principal.

REFERÊNCIAS

EXPERIMENTOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO E FUNDAMENTAL COM MATERIAIS DO DIA-A-DIA. **Eletricidade - Lei de Ampere**. UNESP -Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências – Câmpus de Bauru – Departamento de Física. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele20.htm>> Acesso em: 16/10/2011

OLIVEIRA, J.O.; FREIRE JUNIOR, O. **Uma conversa com Gerald Holton**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 3: p. 315-328, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/23-3/artpdf/a1.pdf>>

PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA. **Cargas e Estrutura da Matéria**, vol. Eletricidade, fasc. 01. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pef&cod=_eletricidadecargaseestru>. Acesso em: 16/10/2011.

PROJETO HARVARD. **Campos elétricos e magnéticos**. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/hpp/_camposeletricosemagnetic.arquivopdf.pdf>. Acesso em 16/10/2011

PROJETO WEBPHYSICS. **The Field from a Long Straight Wire**. Disponível em: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_ampere_long.html>. Acesso em 16/10/2011

_____. **The Field from a Solenoid**. Disponível em: <http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c15_solenoid.html>. Acesso em 16/10/2011

YOUTUBE. 1 - **ELETRICIDADE - Campo Magnético Gerado por Corrente Elétrica**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=6DjHQmtz2UQ>>. Acesso em: 16/10/2011.

_____. **Física Animada- Interação Entre Campo Magnético e Corrente Elétrica (Eletromagnetismo)**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=p9aciGjJ6nA>>. Acesso em: 16/10/2011.