

RELATÓRIO PARCIAL DE INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO - F 809

Aluno: Geraldo Magela Severino Vasconcelos, R.A.: 016171

Orientador: Prof. Dr. André Koch Torres de Assis

Coordenador da Disciplina: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

Título: Experimentos de Eletrostática de Baixo Custo para o Ensino Médio

Instituto de Física “*Gleb Wataghin*” - Unicamp

15/10/2005

Resumo

Esse é um trabalho onde apresenta-se uma série de experimentos de eletrostática que podem ser facilmente realizados. São feitos a partir de materiais de baixo custo e simples manuseio, possibilitando a um professor de ensino médio sua realização em sala de aula. São experimentos que promovem uma discussão sobre os fenômenos eletrostáticos e que servem também como motivação para a explicação da teoria por trás dos experimentos. Neste trabalho está descrito a utilização do versorium de Gilbert que foi o primeiro instrumento utilizado com o propósito de pesquisar a interação elétrica. Este fenômeno já era conhecido a bastante tempo (mais de mil anos), mas não era explicado cientificamente. Também são apresentados alguns experimentos com durex.

1 Introdução

A eletricidade é um fenômeno que desperta interesse na humanidade desde a antiguidade. Ao redor de 600 a. C. os gregos já sabiam que atritando o âmbar (resina amarelada) com pele de animais era possível atrair partículas leves. Em 1600 William Gilbert, com o livro *De Magnete*, [Gilbert, 1958], apresenta a construção do versorium, considerado o primeiro aparelho para o estudo da eletrostática, descrevendo diversas experiências com ele.

Hoje sabe-se que toda matéria é constituída de átomos, que por sua vez são formados de partículas que apresentam cargas positiva e negativa: prótons e elétrons, respectivamente. A interação entre cargas é denominada “elétrica”, e é muitas ordens de grandeza maior do que a interação gravitacional. As forças elétricas podem ser atrativas ou repulsivas, dependendo apenas de quais cargas estão interagindo. Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais opostos se atraem.

Na forma “natural” a matéria apresenta-se neutra, ou seja, possui o mesmo número de cargas positiva e negativa cancelando assim os efeitos de interações elétricas (considerando os dois corpos neutros). No entanto é possível remover ou adicionar partículas negativas, elétrons, o que acarretará

um desequilíbrio entre o número de cargas positiva e negativa. A carga líquida num material é a soma das cargas positivas e negativas no material, sendo que a carga total terá o sinal daquela em maior quantidade. Nesses processos de troca de carga entre corpos sempre há conservação da carga elétrica total, ou seja, se algum corpo perde carga negativa um outro deve recebê-la. Existem três processos pelos quais os materiais são eletrizados: atrito, contato e indução.

Tem-se como objetivo neste trabalho apresentar experimentos de simples manuseio e baixo custo que possam ser aplicados em sala de aula nos cursos de eletrostática para o ensino médio. Será dividido basicamente em duas partes. Na primeira parte será estudado o versorium de Gilbert e na segunda parte realizaremos uma série de experimentos com durex, [Chabay e Sherwood, 2002]. Os fenômenos a serem mostrados neste trabalho: eletrização por atrito, atração, repulsão, conservação da carga elétrica, formação de dipolos induzidos, descarga de corpos carregados, verificação se um corpo encontra-se eletrizado usando um versorium, diferenciação de forças elétricas e magnéticas, assim como o caráter vetorial da força elétrica.

Neste relatório será apresentado primeiramente os experimentos com o versorium, mostrando um pouco de sua história e como o mesmo pode ser aperfeiçoado para observar outros fenômenos, e não somente aqueles analisados por Gilbert. Apenas alguns dos experimentos com durex serão descritos pois faltam outros para serem feitos ainda.

2 Um Pouco de História

2.1 William Gilbert

William Gilbert era inglês. Nasceu em Colchester (pequena cidade da Inglaterra), em 1540 e morreu no ano de 1603. Era o primogênito dos cinco filhos de Jerome Gilbert, magistrado muito considerado na cidade. Gilbert ingressou bem cedo na escola. Em 1558 ingressou no St. John's College, de Cambridge, onde estudou durante onze anos, revelando grande aptidão pelas disciplinas científicas. Em 1565, foi nomeado examinador de matemática e quatro anos mais tarde recebeu o título de doutor em medicina. Exerceu sua função de médico na Itália fazendo amizades com muitos estudiosos. Em 1573, regressou a Londres, e ingressou no *Colégio Real de Médicos*, onde ocupou cargos de notável importância, como: censor, tesoureiro e presidente. Também foi membro do comitê para redação da "Pharmacopaeia Londoniensis", publicada em 1618. O renome de Gilbert como médico cresceu tanto, que a rainha Elizabeth I o convidou para tratar exclusivamente dela.

Porém o que fez com que Gilbert marcasse seu nome na história não foi o fato dele ter sido médico particular da rainha, mas sim suas contribuições para a eletricidade e, principalmente, para o magnetismo. Em 1600 publica sua obra, "*De Magnete, Magneticisque Corporibus et de Magno Manete Tellure - Physiologia Nova*". Logo nos seus primeiros capítulos, Gilbert coloca sua posição crítica diante das obras dos antigos (julga-os incapazes de elaborar o material empírico) e também ataca os contemporâneos (dizendo que eles não fazem mais que remanejar e dissertar sobre os dogmas das doutrinas de Aristóteles). O maior mérito de sua obra consiste justamente em apresentar mais de seiscentas experiências, sendo que algumas foram feitas por seus predecessores e outras foram realizadas por ele mesmo. Gilbert foi quem batizou várias coisas e fenômenos que conhecemos hoje. Por exemplo ele foi o primeiro a chamar de pólos as extremidades da agulha de uma bússola; definiu como magnéticos os corpos que, como os ímãs, se atraem; classificou materiais como elétricos e não-elétricos, usando para isso o versorium por ele construído; e também foi o primeiro a usar o termo eletricidade, para se referir aos efeitos percebidos pelo seu versorium, quando aproximava dele objetos



Figura 1: William Gilbert

eletricamente carregados. Mostrou como qualquer material pode tornar-se elétrico, ao passo que só os compostos de ferro são capazes de serem magnetizados. Cabe a Gilbert o mérito da distinção entre *magnetismo* e *eletricidade*.

A mais importante contribuição de Gilbert foi com respeito ao magnetismo, principalmente o terrestre. Usando um ímã esférico, que chamou de “Terrella” (Terra pequena, considerando-o análogo ao planeta Terra), cuja superfície apoiava-se uma agulha, ele estudou suas propriedades e descobriu que correspondiam às da Terra, conseguindo com isso explicar a direção norte-sul da agulha magnética, sua inclinação, definir o eixo de um ímã e as linhas de força da Terra. Como já citado na introdução, os fenômenos elétricos e magnéticos já eram conhecidos pelos gregos e romanos, mas estes não atingiram o nível da explicação científica (por exemplo, acreditavam que o ferro tinha anéis para prender pequenos ganchos dos ímãs). Gilbert rejeitou todas as explicações mágicas, desenvolvendo uma idéia que exercerá enorme influência sobre Kepler e Newton: os corpos atraem-se em virtude de uma força física, que pode ser medida e estudada. A influência das novas idéias de Gilbert foi extensa e profunda, tendo provocado grande interesse e fazendo desse médico um homem famoso em toda a Europa. Galileu proclamou-se fervoroso admirador do médico inglês e mesmo aristotélicos como Nicolau Cabeo e Atanasius Kircher foram seus discípulos. Em sua casa em Colchester, Gilbert costumava reunir um grupo de estudiosos para debater todos os problemas da época. Gilbert mostrava grande interesse nas reuniões, fazendo com que essas se tornassem regulares. Foram elas que levaram à formação da Royal Society, instituição que exerceu papel fundamental no desenvolvimento da ciência inglesa. Gilbert nunca se casou e não se sabe exatamente como morreu. Sua morte ocorreu no ano de 1603, durante uma peste. Como legado ao Colégio dos Médicos, deixou a biblioteca e as coleções, infelizmente destruídas durante o grande incêndio de Londres, em 1666. O novo espírito científico, no entanto, permaneceria para sempre.

2.2 *De Magnete*

Em 1600 Gilbert publicou sua obra, *De Magnete*, tratando as questões de eletricidade e magnetismo. Nessa obra, ele expõe claramente sua crítica tanto às obras dos antigos, quanto às dos contemporâneos. Essa obra é dividida em seis livros onde Gilbert desenvolveu uma completa teoria difer-

enciando as forças elétrica e magnética, e também fez um estudo sistemático dos cinco movimentos magnéticos. No livro I, relata a história do magnetismo, indo das antigas fábulas sobre a pedra-ímã aos fatos e teorias conhecidas por seus contemporâneos, [Magalhães, 2000]. Nos outros cinco discute sobre os movimentos magnéticos: **cópula**, **direção**, **variação**, **declinação** e **revolução**. Da discussão em torno da cópula magnética¹, ele distinguiu com cuidado a atração devido ao efeito âmbar daquele causado por um ímã. Introduziu o vocábulo *elétrico*, estabelecendo as diferenças entre os corpos elétricos e os magnéticos. O termo elétrico vem de *elektron* que em grego significa âmbar².

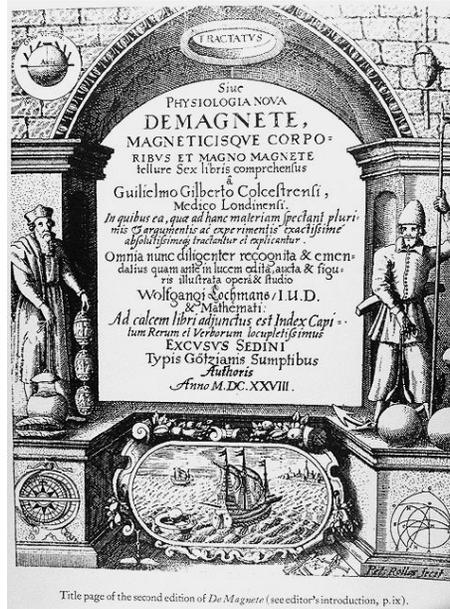


Figura 2: Capa do livro *De Magnete* de William Gilbert.

A distinção feita por Gilbert entre o fenômeno magnético e o efeito âmbar baseava-se na diferença entre suas causas, ou seja uma causa material para explicar o efeito âmbar e outra formal para a atração magnética [Magalhães, 2000]. As substâncias que tinham sido formadas de matéria fluida e úmida a partir da terra, depois de solidificarem, apresentariam comportamento análogo ao âmbar ao ser atritado. Os corpos conhecidos capazes de eletrizar eram duros e transparentes e isso levava Gilbert à idéia de que eram formados pela consolidação de líquidos aquosos. Concluiu que devia existir um humor particular relacionado com as propriedades dos corpos elétricos. Gilbert explicava que a eletrização por atrito ocorria porque excitaria e liberaria esse humor, emanando do corpo elétrico em forma de eflúvio, criando uma atmosfera favorável a atração. Isso era tão sutil que não era percebido pelos nossos sentidos. Com isso conseguiu explicar a interação, pois era necessário a existência de um meio, sendo que nessa época acreditava firmemente que a matéria atuaria somente na existência de um meio. Também com respeito ao processo de eletrização por atrito, tinha-se uma dúvida, pois ao friccionar os objetos esses esquentavam, e não se sabia se o calor é que gerava a força de atração. Porém Gilbert, com seu versorium conseguiu mostrar que não era o calor responsável pela atração, pois ele fez o experimento atritando o âmbar e depois apenas esquentando um outro pedaço (sem friccioná-lo), sendo que este último não apresentava efeitos de atração [Ferreira, 2005(a)].

¹Cópula magnética é usada por Gilbert no lugar de atração magnética pois os movimentos magnéticos não resultam da atração exercida por um único corpo, mas sim pela aproximação dos dois corpos harmoniosamente, um impulso levando à união magnética.

²Resina amarelada que desencadeou todo o interesse e desenvolvimento dos fenômenos elétricos.

Nessa sua obra, Gilbert também fala sobre o Versorium criado por ele para investigar a natureza das forças. Maiores detalhes sobre esse instrumento são apresentados na próxima seção.

2.3 Versorium

O instrumento mais antigo usado como um eletroscópio foi o versorium construído por Gilbert. Versorium é uma palavra latina que significa *girar*. Gilbert o chamou assim, pois ele girava na direção dos corpos eletrizados, apontando para eles. Gilbert construiu seu aparelho usando os mesmos princípios utilizados numa bússola. Esse aparelho era feito com uma haste metálica muito leve, cuja parte central era apoiada numa espécie de alfinete pontiagudo. A haste tinha uma forma de flecha para que se soubesse em que direção apontava. Com esse versorium, Gilbert pesquisou as atrações dos corpos carregados eletricamente. Ao construir esse equipamento, ele queria ter um instrumento capaz de perceber a atração elétrica com maior sensibilidade. A figura 3 ilustra o primeiro versorium construído.

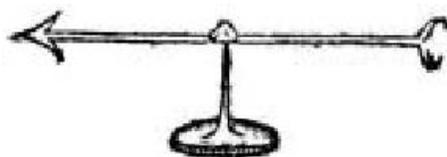


Figura 3: Versorium de Gilbert.

Para realizar os experimentos com o versorium, Gilbert trazia a substância atritada próxima ao versorium, se ocorresse um giro da agulha a substância era elétrica, caso contrário, não-elétrica. A agulha do versorium era feita inicialmente de um metal claro, não magnetizado, equilibrado num pino. Porém existia outras versões do versorium nas quais Gilbert substituiu a agulha metálica por palha [Medeiros, 2002]. Ele investigou várias substâncias, conseguindo formar uma lista das que eram elétricas e não-elétricas. Algumas das não-elétricas estão listadas abaixo:

Corpos não-elétricos {
esmeralda
ágata
corneliana
madrepérola
madeiras duras (éban, cedro, junipero, cipreste)
metais (prata, ouro, cobre e ferro)
pedra-ímã

Esses materiais chamados de não-elétricos, na verdade eram condutores, e o que acontecia era que a carga não ficava neles, eram descarregados pelo contato com a mão ou outra coisa, diferentemente dos elétricos, que eram isolantes, e não perdiam a carga adquirida no atrito. Com conceitos de materiais elétricos, a eletricidade deixa de ser vista apenas como uma propriedade de um único corpo, mas como uma propriedade de vários corpos na natureza. A partir de então os fenômenos elétricos e magnéticos passaram a ser melhor estudados e novos instrumentos foram feitos para esse propósito.

3 Parte Experimental

A seguir será descrito como os experimentos foram realizados, com uma explicação para os fenômenos envolvidos. Nem todos os experimentos com durex foram realizados ainda, sendo que alguns somente serão discutidos no relatório final. Com respeito aos experimentos com o versorium, foram feitos vários tipos, mas também existirão implementações futuras.

3.1 Materiais utilizados

A seguir está apresentada a lista com os materiais necessários para cada uma das montagens:

Experimentos com durex	{	Fita durex - Scotch Caneta Pente Papel comum (folha sulfite)		Versorium	{	Colchete de aço tipo bailarina Alfinete Canudinho de refrigerante Rolha de cortiça Agulha Prego Martelo Ímã Lata de refrigerante Massa de modelar Plástico Flanela Fio de cobre Palha
------------------------	---	---	--	-----------	---	--

3.2 Experimentos com o versorium

Como já citado anteriormente, o versorium foi o primeiro instrumento a verificar os fenômenos de eletrostática. Foram montados versoriuns de aço (colchete tipo bailarina), de alumínio e de plástico. Gilbert inicialmente queria distinguir interação elétrica de magnética, então a idéia foi mostrar como esses diferentes materiais reagem na presença do ímã e de um objeto carregado eletricamente.

Para a montagem do versorium, basta cortar uma rolha de cortiça (mais ou menos pela metade), atravessá-la com uma agulha ou um prego e apoiá-la sobre uma base feita com massa de modelar (isso evita que a rolha tombe durante o experimento). Sobre a ponta dessa agulha ou prego equilibra-se uma haste de alumínio, ou o colchete bailarina, ou canudinhos de refrigerante dobrados ao meio. Esquematicamente fica montado como mostra a figura 4.

3.2.1 Distinção entre interação elétrica e magnética

Para distinguir efeitos elétricos de magnéticos foram usados versoriuns de aço (colchete tipo bailarina), alumínio (lata de refrigerante) e plástico. Aproximava-se de cada um deles um ímã, se ocorresse giro no versorium, temos efeito magnético, caso contrário, não. Dentre os materiais usados apenas o colchete se movimenta com a aproximação de um ímã, pois é feito de aço (contém ferro). Somente materiais de ferro, e também níquel e cobalto são ferromagnéticos, ou sejam, respondem a um campo magnético. Para perceber a interação elétrica, atrita-se um canudinho de plástico na flanela para

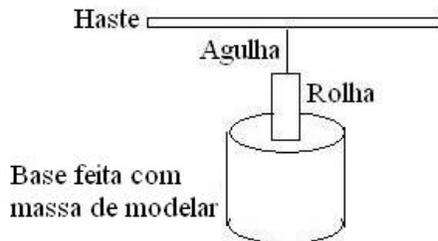


Figura 4: Esquema simplificado da montagem de um versorium.

que o mesmo fique eletrizado. Esse é um tipo de eletrização por atrito, ou seja, são trocados elétrons entre os dois corpos, um cede e o outro recebe, conservando sempre a carga total. O que recebe fica carregado *negativamente* e o outro *positivamente*. Ao aproximarmos o canudinho carregado próximo a qualquer versorium (que está descarregado) ele é atraído, ou seja, irá girar em direção ao canudinho. A atração entre um corpo carregado (o canudinho atritado) e outro neutro (o versorium), se deve à polarização elétrica que ocorre no corpo neutro devido à presença do corpo carregado. Vamos supor que o corpo atritado fique carregado negativamente. Ao aproximá-lo do versorium este se polariza eletricamente. A extremidade do versorium mais próxima do canudinho atritado fica carregada positivamente, enquanto que a outra extremidade do versorium fica carregada negativamente (para simplificar estamos supondo nesta análise que as cargas não escapam pela agulha condutora). As cargas de sinal oposto ao corpo carregado estão mais próximas do canudinho carregado do que as cargas de sinal igual ao objeto carregado. Logo, como a força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância, quanto menor a distância maior a força. Concluindo, a força de atração nesse caso (entre o canudinho carregado e a extremidade do versorium carregada com carga oposta ao canudinho) será maior do que a repulsão (entre o canudinho carregado e a extremidade do versorium carregada com carga de mesmo sinal que a carga do canudinho atritado). Isto explica o motivo de ocorrer atração entre um corpo carregado e outro inicialmente neutro.

3.2.2 Verificação se um objeto está carregado ou não

Para verificar se um objeto encontra-se carregado ou não, basta aproximá-lo do versorium. Ocorrendo o giro, isso significa que a substância está carregada eletricamente. Por exemplo, se aproximarmos um canudinho sem ser atritado de um versorium, este não gira. Se aproximarmos um canudinho atritado de um versorium, este gira alinhando-se com o canudinho. Como já foi discutido anteriormente, o processo de eletrização aqui é o atrito e a justificativa porque o versorium gira também é a mesma do item anterior.

3.2.3 Caráter vetorial da força elétrica

Sabe-se que força é uma grandeza vetorial, ou seja, uma completa informação sobre a força necessita informar o seu módulo, direção e sentido. A interação elétrica ocorre devido a existência de uma força entre os corpos. Assim sendo, é necessário explicar em qual direção ela irá apontar. Para verificar esse fato utiliza-se de um experimento com um versorium de alumínio (poderia ser qualquer outro). Atrita-se um canudinho de refrigerante em uma flanela e o espetamos em uma base feita de massa de modelar, para que o canudinho atritado fique na vertical. Aproxima-se esse canudo do versorium e se observa o que acontece. O versorium alinha-se com o canudinho (ou seja, a linha reta

ao longo da direção do versorium aponta para o canudinho atritado). Em seguida atrita-se outro canudinho e repete-se o mesmo procedimento, porém deixando os dois canudinhos atritados próximo ao versorium, sempre observando sua movimentação. Esse procedimento pode ser feito com vários canudinhos. A figura 5 mostra uma montagem com um canudinho atritado e a figura 6, com dois canudinhos atritados.

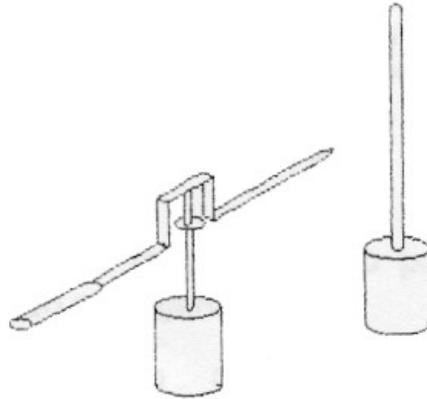


Figura 5: Caráter vetorial da força elétrica. O versorium alinha-se com o canudinho atritado.

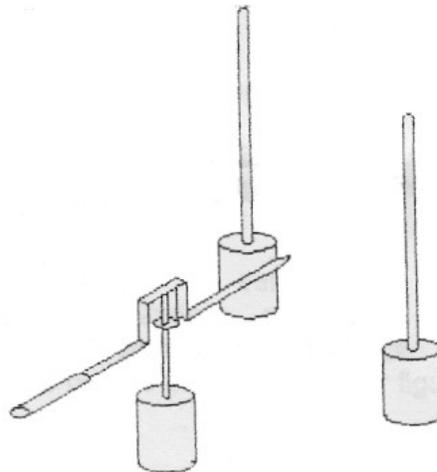


Figura 6: Força elétrica devido a dois canudinhos atritados interagindo com o versorium.

Como a força elétrica é uma grandeza vetorial, ela aponta na direção das cargas que estão interagindo. Ou seja, o versorium irá apontar na direção do canudinho atritado, como pode ser visto na figura 5. Quando temos dois canudinhos atritados, a resultante da força estará entre os dois canudinhos, numa posição intermediária, vide figura 6. Com vários canudinhos, a direção apontada pelo versorium estará dizendo para onde a resultante das forças está dirigida.

3.2.4 Mapeamento do campo elétrico

Também pode-se usar o versorium para fazer um mapeamento do campo elétrico. A princípio apenas o utilizei para mapear o campo de um canudinho carregado (simetria cilíndrica). Nesse caso as linhas do campo apontam radialmente. Para observar isso basta girar um canudinho carregado

vagarosamente em torno do versorium (ou vice versa) e observar que o mesmo sempre aponta na direção do canudo atritado. Ou seja, as linhas do campo são radiais. Veja a figura 7.

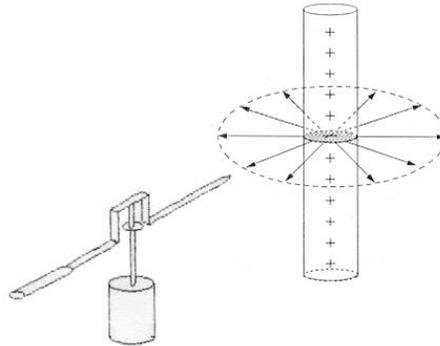


Figura 7: Campo elétrico de uma simetria cilíndrica.

3.3 Experimentos com fita durex

São vários os fenômenos eletrostáticos que podem ser observados com fita *durex*, por exemplo: eletrização por atrito; eletrização por indução; interação entre fitas carregadas e da fita com outros objetos; verificação da natureza dessa força e como ela varia com a distância entre as fitas; construção de um dipolo; processo de descarga e transferência de carga por contato.

Para carregar a fita durex, primeiramente cola-se um pedaço de durex com aproximadamente 20 cm sobre uma superfície lisa. Em seguida cola-se outro pedaço de durex sobre o primeiro pedaço (de mesmo tamanho). Este segundo pedaço pode ter as pontas viradas, onde iremos segurá-lo. Esfrega-se o dedo sobre a fita superior e bem vagarosamente retira-se a fita superior. Ao aproximar um objeto da fita, por exemplo nossa mão, percebe-se que a fita é atraída, mostrando que a mesma encontra-se eletricamente carregada (atração entre um corpo neutro-*mão* e outro carregado-*fita*). Com esse procedimento é possível observar a eletrização e também a atração eletrostática.

Para obter duas fitas com cargas de sinal oposto é necessário primeiramente colar um pedaço de aproximadamente 20 cm sobre uma superfície lisa. Em seguida cola-se outro pedaço de durex sobre o primeiro (de mesmo tamanho). Cola-se ainda uma terceira fita durex por cima das outras duas, todas as três de mesmo comprimento. A segunda e a terceira fita (a do meio e a superior) devem ter as pontas viradas, para facilitar o manejo, pois serão seguradas pelas extremidades. Esfrega-se o dedo sobre a fita superior e bem vagarosamente retira as duas últimas fitas. Estas duas últimas fitas são então separadas rapidamente. Observa-se que ambas são atraídas por nossa mão e que elas se atraem mutuamente (confirmando assim que possuem cargas de sinais contrários). Se prepararmos outra fita como descrito no primeiro procedimento e a aproximarmos das duas fitas carregadas com sinais opostos, é possível notar que com uma ocorrerá atração e com a outra repulsão. Pode-se também aproximar outros objetos carregados da fita observando a reação.

Essa parte do trabalho ainda não foi totalmente explorada nesse primeiro instante, mas será abordada na sua totalidade no final do curso.

4 Itens faltantes para terminar a proposta do projeto

Como proposto inicialmente no projeto, tinha-se como objetivo realizar uma série de experimentos de eletrostática para o ensino médio utilizando materiais de baixo custo. O projeto é dividido basicamente em duas partes: a primeira um estudo sistemático do versorium de Gilbert e a segunda uma série de experimentos com durex.

Na primeira parte do curso já foram feitos os experimentos com o versorium, como já descrito antes, faltando apenas nessa parte escolher outros materiais que possam ser utilizados na construção do versorium e também pesquisar mais sobre a série de materiais usados originalmente por Gilbert quando o mesmo fez seus estudos com o versorium. Com respeito aos experimentos com fita durex, estão faltando ainda experimentos a serem feitos, e que serão desenvolvidos nessa segunda parte do curso. Abaixo segue a descrição dos experimentos que ainda faltam fazer:

- Verificação da natureza da força entre as fitas e como essa força varia com a distância;
- Construção de um dipolo elétrico usando durex;
- Processos de descarga de corpos carregados;
- Mapeamento de campo elétrico utilizando outras simetrias, por exemplo, mapear o campo de uma placa.

Referências

- [1] [Chabay e Sherwood, 2002] CHABAY, R e SHERWOOD, B. *Matter & Interactions, Volume 2: Electric and Magnetic Interactions*. (Wiley, New York, 2002).
- [2] [Ferreira, 2005(a)] FERREIRA, N. *Projeto Ripe - rede de Instrumentação para Ensino*. Experimentoteca/Ludoteca, Instituto de Física - USP. Detalhes em (acessado em setembro de 2005): <http://www.ludoteca.if.usp.br/>
- [3] [Ferreira, 2005(b)] FERREIRA, N. *Magnetismo e eletricidade*. Ciência Hoje na Escola, vol. 12, págs. 14-17 (2005).
- [4] [Ferreira, 2005(c)] FERREIRA, N. *O versorium*. Ciência Hoje na Escola, vol. 12, págs. 18-20 (2005).
- [5] [Gilbert, 1958] GILBERT, W. *De Magnete*. Traduzido por P. Fleury Mottelay. (Dover, New York, 1958).
- [6] [Leon, 1983] LEON, G. d. L. *The Story of Electricity*. (Dover, New York, 1983).
- [7] [Magalhães, 2000] MAGALHÃES, A. P. *De Magnete - Imagens do Magnetismo no Século XVII*. In Anais do VII Semana Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. J. L. Goldfarb e M. H. M. Ferraz (organizadores). Imprensa Oficial SP, Edusp, Editora da Unesp, SP, 2000. Págs. 443-450.
- [8] [Medeiros, 2002] MEDEIROS, A. *As Origens históricas do Eletroscópio*. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 24, págs. 353-361 (2002).

[9] [Telecurso, 2000]. Telecurso 2000 - 2º grau - Física, vol. 2, pags. 122-137.

Sites com informações sobre o versorium e com experiências de eletrostática:

[10] <http://www.freeessays.tv/b956.htm>

[11] <http://www.terra.com.br/fisicanet/cursos/fis2g36.pdf>

[12] <http://www.feiradeciencias.com.br/>