

"De Magnete", William Gilbert

De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure (Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre), 1600

...A cada esfera que se move nos céus os astrônomos atribuem dois polos; assim temos dois polos naturais de enorme importância mesmo em nosso globo terrestre, pontos constantes relacionados ao movimento diário de revolução, um polo apontando para Arctos (Ursa) e para o Norte; o outro, mirando o lado oposto dos céus. Da mesma maneira, a magnetita tem em sua natureza dois polos, um norte e um sul; pontos fixos e definidos na pedra, que são os terminais primeiros dos movimentos e efeitos, e os limites e regulação de várias de suas ações e propriedades. Deve-se compreender, no entanto, que a força emana não de pontos matemáticos, mas das próprias partes; e todas essas partes em seu todo - conquanto pertençam ao todo - quanto mais próximas estiverem dos polos da pedra, mais fortes virtudes adquirem e transmitem a outros corpos. Estes polos miram os polos da Terra, e se movem em sua direção e são sujeitos a eles.

Façam um desenho que represente os 3 conjuntos de polos mencionados por Gilbert.

Os polos magnéticos podem ser encontrados em qualquer pedaço de magnetita, seja forte e potente (masculino, como era chamado na antiguidade) ou fraca, frágil e feminina; seja sua forma obra de construção ou do acaso, seja ela longa, achatada, quadrada ou triangular, polida ou não: rugosa, quebrada ou sem polimento: a pedra de magnetita tem e sempre mostra seus polos.

Relacionem essa afirmação de Gilbert com uma das 4 equações de Maxwell e expliquem.

.....

...sobre a atração exercida pelo âmbar... Muito grande é a fama da magnetita e do âmbar, nos textos dos sábios: muitos filósofos citam a magnetita e também o âmbar, sempre que, ao explicar mistérios, suas mentes tornam-se ofuscadas e a razão não pode prosseguir. ...Sobre esta substância [o âmbar] deve-se dizer algumas palavras, para mostrar a natureza da ligação dos corpos a ela, e apontar a enorme diferença entre esta e a ação magnética; pois os homens continuam em ignorância, e imaginam que a inclinação dos corpos pelo âmbar seja atração, comparável à atração magnética. Nossa geração produziu muitos volumes sobre causas e maravilhas recônditas, abstrusas e ocultas...mas nunca uma prova a partir de experimentos, nunca você encontrará neles uma demonstração. Os escritores usam palavras que envolvem o assunto numa escuridão espessa; tratam o mesmo de forma esotérica, com referência a milagres, mística. Por isso essa filosofia não é frutífera: pois se baseia em alguns

poucos termos gregos ou termos pouco comuns - da mesma forma que nossos barbeiros jogam algumas palavras latinas aos ouvidos da turba ignorante, e assim ganham sua reputação.... a maioria [dos filósofos] é indolente e sem nenhum treinamento, não adicionam nada com seus escritos, e são cegos às coisas que poderiam iluminar seus raciocínios.

Pois não só o âmbar, ...como eles supõem, atrai corpos leves: o mesmo ocorre com o diamante, a safira, o carbúnculo, a pedra de íris, a opalina, a ametista, a vicentina, a gema inglesa (pedra de Bristol, bristola), o berílio, o cristal de rocha. O mesmo poder de atração é possuído pelo vidro, particularmente o vidro claro e brilhante; por gemas artificiais feitas de vidro (pasta) ou de cristal de rocha, por vidro de antimônio.. enxofre, ...cera de vedar, resina dura, ...sal gema, mica, rocha de alumínio.... os vários corpos (elétricos) atraem não apenas palha e feno, mas todos os metais, madeira, folhas, pedras, terra, e mesmo água e óleo.

Qual a questão física que deixa Gilbert tão impaciente com seus contemporâneos?

"Atrações e Repulsões Elétricas", Otto von Guericke

Experimenta Nova, Livro Quarto, cap 15 (1672)

.....

Se quiser, pegue uma esfera de vidro chamada de frasco, do tamanho da cabeça de uma criança; encha a esfera com enxofre colocado num almofariz e faça-o derreter, colocando-o sobre o fogo. Quando esfriar, quebre a esfera, retire o globo e mantenha-o em lugar seco. Se pensar melhor, faça um furo através dele, de forma que possa girá-lo em torno de uma haste de ferro, ou de um eixo. Dessa forma, o globo estará preparado.

.....

Para demonstrar o poder conservador desse globo, monte o globo com o eixo sobre dois suportes de forma que ele fique um palmo acima da base, e coloque, sob o mesmo, pequenos fragmentos de todos os tipos, de folha de ouro ou de prata, de papel, de folhas, ou de outras coisas semelhantes.

.....

O poder expulsório é fácil de ver se o globo é retirado do apoio e esfregado com uma mão seca, como descrito. Pois então ele não só atrai os pequenos fragmentos, como também os repele de novo, e não permitirá que os toquem até que tenham tocado algum outro corpo.

.....

Ao pendurarmos [o pequeno fragmento] na ponta de um fio de linha que deixamos bem próximo do globo, se tentamos tocar com o dedo ou outra coisa, a fio se afasta e não pode ser tocado pelo dedo.

Substância	
Vidro	
Mica	
Lã	
Pele de gato	
Seda	
Algodão	
Ebonite	
Cobre	
Enxofre	
Celulóide	

Representem em um desenho o enxofre, o pequeno fragmento no fio de linha e os dedos de sua mão. Usem a tabela triboelétrica (tribo=atrído, em grego) ao lado, para representar os sinais das cargas em cada um desses objetos, de forma que estejam de acordo com as afirmações de von Guericke sobre o "poder expulsório". Expliquem.

"A teoria de dois fluidos da eletricidade", Charles du Fay

Philosophical Transactions, vol. 38, p.258, 1734

.....

A sorte colocou no meu caminho um outro princípio, mais universal e notável do que o anterior, e que joga nova luz no tema da eletricidade. O princípio é que existem dois tipos de eletricidade, muito diferentes um do outro; um deles eu chamo de *eletricidade vítrea*, a outra de *resinosa*. O primeiro é o do vidro, do cristal de rocha, das pedras preciosas, do pelo de animal, lã e muitos outros corpos; o segundo [tipo] é o do âmbar, goma para verniz, goma-laca, seda, fio, papel, e várias outras substâncias. A característica dessas duas eletricidades é que um corpo de *eletricidade vítrea*, por exemplo, repele todos os que são da mesma eletricidade; e, pelo contrário, atrai todos os [corpos] de *eletricidade resinosa*; assim, o tubo, se eletrizado, repele o vidro, o cristal, o pelo de animais, etc., quando eletrizados e atrai seda, fio, papel, etc., também eletrizados. O âmbar, ao contrário, atrai vidro eletrizado e outras substâncias da mesma classe, e repele a goma-laca, a goma-copal, a seda, a linha, etc. Duas fitas de seda eletrizadas se repelem; dois fios de lã fazem o mesmo; mas uma linha de lã e uma linha de seda se atraem mutuamente entre si. Esse princípio explica muito naturalmente por que as pontas das linhas de seda ou de lã se afastam uma da outra na forma de um lápis ou escova, quando adquirem qualidade elétrica. A partir deste princípio podemos com muita facilidade deduzir a explicação de um grande número de outros *fenômenos*. E é provável que esta verdade nos leve a novas descobertas de muitas outras coisas.

..... Para obter sucesso nesses experimentos, é necessário que os dois corpos que colocamos próximos para descobrir a natureza de sua eletricidade [se vítrea ou resinosa] sejam o mais eletrizados possível; pois se um deles não for bem eletrizado, ou for fracamente eletrizado, ele será atraído pelo outro [corpo], mesmo que seja do tipo que deveria ser naturalmente repellido por ele. No entanto, o experimento terá todo o sucesso, se ambos os corpos forem suficientemente eletrizados.

Qual é o "princípio" que DuFay anuncia?

Quem vai propor a teoria de um fluido, que sobra ou falta, é Franklin (o mesmo da pipa).

Tentem explicar o experimento de von Guericke com a teoria de dois fluidos. Qual das duas é mais simples para explicar o fenômeno?

"Condutores e não-condutores elétricos", Stephen Gray

Philosophical Transactions, vol. 6, Part II, p.6, 1731

Antes de descrever os experimentos, talvez seja necessário descrever o tubo: seu comprimento é de 3 pés e 5 polegadas, e o diâmetro, dois décimos. Estou falando das dimensões médias, pois o tubo é maior nas pontas do que no meio, com cerca de uma polegada de diâmetro interno. Em cada uma das pontas coloquei uma rolha, para que a poeira não entrasse no tubo, quanto este não estivesse em uso.

Fiz o primeiro experimento para verificar se havia diferença na atração com o tubo fechado nas duas pontas por rolhas e com o tubo aberto. Mas não percebi nenhuma [diferença]: segurando uma pena sobre a extremidade superior do tubo, ela era atraída e repelida da mesma forma pela rolha e pelo tubo, se o tubo fosse excitado pelo atrito. Então segurei a pena sobre a parte plana da rolha, que a repeliu e atraiu várias vezes; fiquei muito surpreso, e concluí que havia certamente uma comunicação para a rolha da virtude elétrica do tubo excitado.

Como eu tinha uma bola de marfim de uma polegada e três décimos de diâmetro, com um furo no meio, eu prendi [a bola] em uma haste de madeira de pinho de cerca de quatro polegadas de comprimento, e inseri a outra ponta [da haste] na rolha, e esfregando o tubo percebi que a bola atraía a pena com mais vigor ainda do que a rolha havia atraído, repetindo por várias vezes a atração e a repulsão. Fixei então a bola em hastes mais longas, primeiro [em uma haste] de oito polegadas, depois em uma [haste] de vinte e quatro polegadas, e percebi o mesmo efeito. Depois usei fios de ferro, e depois de latão como eixos da bola, [eixos] que inseri na rolha como antes, e percebi que o efeito era o mesmo que quando usei a haste de madeira de pinho, e que a pena era atraída por qualquer parte do fio; mas embora estivesse

mais perto do tubo, a atração não era tão grande quanto pela bola. Quando usei um fio de dois ou três pés de comprimento, a vibração quando eu esfregava o tubo tornava difícil de manejar [o equipamento]. Isso me fez pensar que se eu pendurasse a bola num cordão de algodão e prendesse ao tubo por um laço, poderia verificar se a eletricidade desceria através do fio para a bola: foi o que fiz, pendurei a bola em um cordão de aproximadamente três pés de comprimento, com o tubo excitado por atrito, a bola de marfim atraiu e repeliu a folha de bronze que estava sob ela, tão livremente quanto [atraiu e repeliu] quando foi colocada na haste ou no fio de metal: ocorreu o mesmo com uma bola de cortiça e outra de chumbo que pesava uma libra e um quarto.

Algum tempo depois, fiz várias tentativas de levar a virtude elétrica por linhas horizontais, pois não tive oportunidade de levá-la perpendicularmente por alturas maiores; mas não tive sucesso, pois usei materiais inadequados, como ficará claro mais adiante. O primeiro método que tentei foi fazendo um laço em cada ponta da linha, um deles prendi em um prego; o outro pendurei para baixo, e passei através dele a linha com a bola de marfim, sendo que a ponta ficou pendurada perpendicularmente, mas o resto ficava horizontal: então coloquei folhas de latão sob a bola com o tubo esfregado, mas não havia o menor sinal de atração. Depois disso, desisti de tentar carregar a eletricidade horizontalmente, e planejei, na minha volta a Londres, tentar um experimento a partir da cúpula da [catedral] de St. Paul, se tivesse assistência, com a certeza de que a atração elétrica seria carregada perpendicularmente de lá para o chão.

.....

O topo do domo da catedral de St Paul, em Londres, está a 111m do chão. Será que Gray tem razão, em sua afirmação?

Podemos chamar a eletricidade que se espalha (ou não), na descrição de Gray, de corrente elétrica?

"Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam", Hans Christian Oersted

Panfleto de 1820, traduzido para o inglês pelo Reverendo J.E. Kempe e republicado no Journal of Telegraph Engineers, vol5., p. 459, 1876

Liguemos os polos opostos do aparato galvânico por um fio metálico, que, por economia, denominaremos condutor ligante ou fio ligante. Ao efeito que ocorre neste condutor e no seu entorno daremos o nome de conflito elétrico.

.....

Para que possamos nos lembrar mais facilmente destas coisas usaremos a seguinte fórmula: o polo [da agulha magnética] sobre o qual entra eletricidade negativa vira-se em direção a oeste, e aquele sob o qual ela entra vira-se para o leste.

Façam um desenho a partir daquilo que compreendem desta frase de Oersted.

Somente após feito o desenho, verifiquem que está de acordo com a "regra da mão direita".

A afirmação de Oersted (escolhida de um texto bem mais longo, e citada acima) está completa e permite uma conclusão?

...

O conflito elétrico só age sobre partículas de matéria magnética. Todos os corpos não magnéticos parecem ser permeáveis ao conflito elétrico; mas os corpos magnéticos, ou melhor, suas partículas magnéticas, parecem resistir à passagem deste conflito...Pode-se deduzir do que observamos que este conflito produz rotações, pois esta parece ser uma condição sem a qual seria impossível que, um mesmo fio conector, colocado sob o polo magnético, leva-o para leste, ao passo que colocado sobre [o polo magnético], leva-o para oeste; pois esta é a natureza das rotações, movimentos em partes opostas têm direções opostas

"Experimentos Relativos aos Novos Fenômenos Eletrodinâmicos", A. Ampère

Annales de Chimie et de Physique, Series II, vol. 15, p. 59 (1820)

....

1. A ação eletromotriz se manifesta através de dois tipos de efeito, que eu acredito devam ser diferenciados por definições precisas.

Chamarei de *tensão elétrica* o primeiro, e de *corrente elétrica* o segundo.

O primeiro [efeito] é observado quando dois corpos entre os quais essa ação ocorre estão separados um do outro por corpos não-condutores em todos os pontos de suas superfícies, exceto aqueles onde [a ação] se estabelece; o segundo [efeito] ocorre quando os corpos fazem parte de um circuito de corpos condutores, que estão em contato através de pontos em suas superfícies, distintos dos [pontos] nos quais a ação eletromotriz é produzida.

...É este estado da eletricidade em uma série de corpos eletromotores e condutores que eu denomino, para ser breve, de *corrente elétrica*; e como vou ter que me referir frequentemente aos dois sentidos opostos de movimento da eletricidade, para evitar repetições cansativas toda vez que a questão surge, passo a entender que a utilização dos termos "*sentido da corrente*

elétrica" pressupõe *eletricidade positiva*. Assim, se consideramos a pilha voltaica, por exemplo, a expressão *direção da corrente elétrica na pilha* designa a direção a partir do terminal no qual o hidrogênio é emitido, na decomposição da água, para o terminal onde o oxigênio é obtido; e a expressão *direção da corrente elétrica no condutor que conecta os dois terminais da pilha* deve designar a direção que, ao contrário da anterior, vai do terminal onde aparece o oxigênio para o terminal onde é produzido o hidrogênio.

A visão de Ampère a respeito do(s) fluido(s) elétrico(s) é a de DuFay ou a de Franklin?

Verifiquem se a direção da corrente proposta por Ampère é a que adotamos até hoje?

" Experimental Researches in Electricity", M. Faraday

Philosophical Transactions, p.125, 1832

1. ...
2. ...
3. Alguns efeitos da indução de correntes elétricas já foram reconhecidos e descritos como os da magnetização; os experimentos de Ampère, em que ele colocava um disco de cobre próximo a uma espiral plana; ... Ainda assim, parecia inverossímil que estes fossem todos os efeitos que a indução pela corrente poderia produzir;
4. Além disso: independente de aceitarmos a bela teoria de Ampère, ou qualquer outra [teoria], seria extraordinário se, assim como toda corrente elétrica é acompanhada de uma intensidade correspondente de ação magnética em ângulo reto com a corrente, bons condutores de eletricidade, quando colocados sob esta esfera de ação [magnética], não tivessem em si nenhuma corrente induzida, ou algum outro efeito sensível equivalente em força a uma tal corrente.
5. ... 9. ...

11. Enrolamos 203 pés de fio de cobre em torno de um cilindro grande de madeira; outros 203 pés de fio semelhante foram interpostos em espiral entre as voltas da primeira hélice, sendo o contato metálico impedido sempre com barbante. Uma das hélices foi conectada a um galvanômetro, e a outra foi conectada a uma bateria voltaica de cem pares de placas de 4 polegadas ao quadrado, de duplo cobre, e muito

bem carregadas. Quando o contato foi feito, houve um efeito bem pequeno e súbito no galvanômetro, ocorrendo efeito semelhante quando o contato com a bateria foi interrompido. Mas enquanto a corrente voltaica continuava a passar por uma das hélices, não havia efeitos no galvanômetro ou qualquer outro fenômeno perceptível semelhante à indução na outra hélice, mesmo com a grande potência da bateria, que esquentou toda hélice ligada a ela, ou cuja descarga através de carvão brilhava fortemente.

12. A repetição do experimento com uma bateria de 120 pares de placas não produziu novos efeitos; mas pudemos verificar que tanto neste caso, quanto no anterior, a pequena deflexão da agulha era numa direção na conexão da bateria, e na direção oposta, no rompimento do contato da bateria; e, também, que esses efeitos aconteciam quando as primeiras hélices eram usadas (6,8).

Façam um desenho e identifiquem os sentidos das correntes induzidas no ligar ou desligar a bateria. Estão de acordo com o que sabemos hoje?