Campinas, 22 de novembro 2002

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

IFGW – Instituto de Física “Gleb Wataghin”

F809 – Instrumentação para o Ensino

Gerador Eletrostático a água

Aluno: Carlos Frederico Marçal Rodrigues

RA: 970362

capiroba@ig.com.br

Orientador: Prof. Dr. Mauro Monteiro Garcia de Carvalho

DFA – Departamento de Física Aplicada

mauro@ifi.unicamp.br

1. Introdução:

A experiência consiste em um gerador eletrostático originalmente imaginado por Lorde Kelvin no séc. XIX. É uma experiência didática bem conhecida que pode ser encontrada descrita em revistas de ensino de Física[1] e na Internet[2],[3],[4], normalmente denominada "Kelvin water dropper" ou "Kelvin's Thunderstorm". A montagem é relativamente simples e pode ser tentada com materiais de fácil acesso, como latas de produtos alimentícios. Porém, como todo gerador eletrostático, pode ter seu funcionamento comprometido se a umidade relativa do ar no ambiente for demasiadamente alta.

2. Princípio de funcionamento:

A idéia principal é a indução de cargas elétricas na superfície de um filete d'água e o posterior aproveitamento dessas cargas para acumulação no sistema. Considere a figura 1 abaixo.

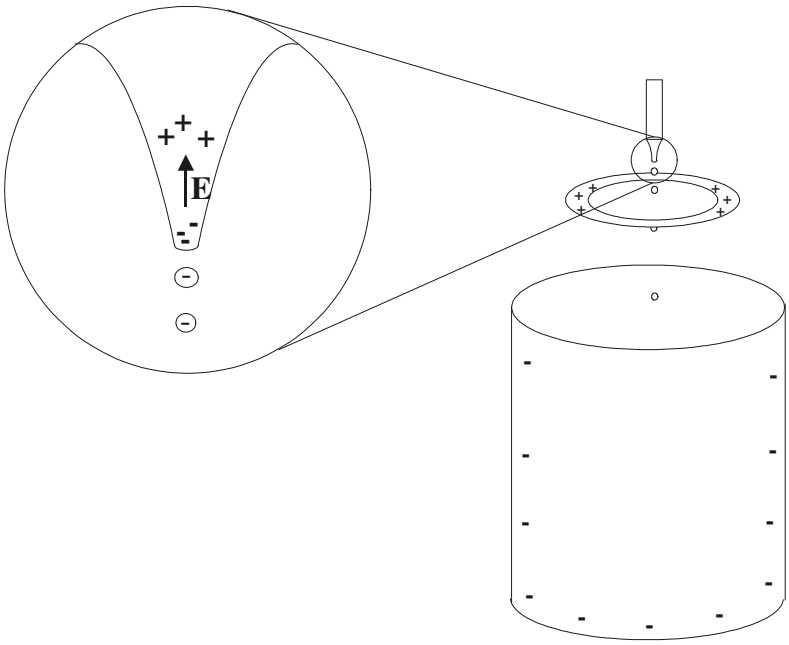

Fig. 1: Indução de cargas.

A água que cai da torneira, embora seja neutra, contém íons em solução, que nos permitem gerar um desequilíbrio de cargas por indução. Suponha que o anel metálico (indutor) esteja carregado com uma carga positiva. Assim, sabemos que se estabelecerá um campo elétrico da forma $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qz}{\left(z^2+R^2\right)^{3/2}}$, que é nulo no centro do anel e máximo a uma distância $z = R/\sqrt{2}$.

Posicionamos então a altura do anel de modo que a transição de fluxo contínuo de água (filete) para discreto (gotas) ocorra nesta região em que o campo é máximo. Como mostra o detalhe da figura, cargas negativas serão induzidas na superfície inferior do filete e as gotas formadas carregarão parte desta carga consigo, transferindo-a para a lata (coletor) ao atingi-la. Com o tempo, uma grande quantidade de carga negativa estará acumulada na superfície externa do coletor.

Como manter a carga positiva do indutor? A resposta, como mostra a figura 2, pode ser montando um sistema simétrico ao lado e conectando cada indutor ao coletor do outro lado.

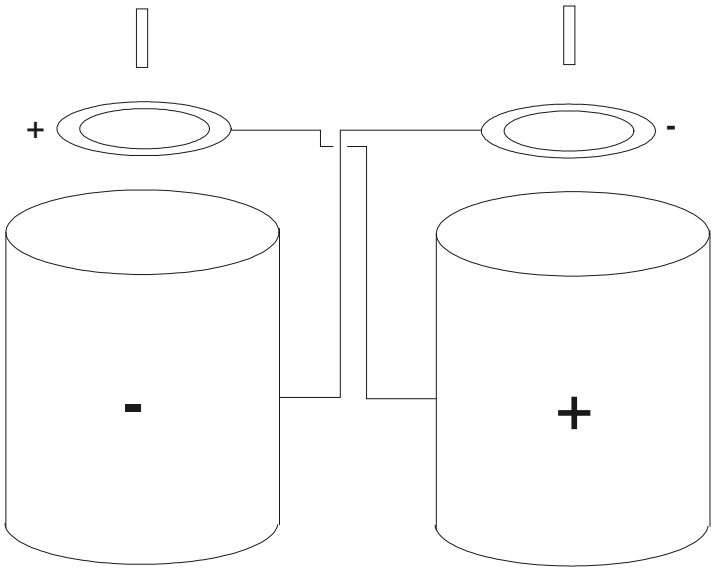

Fig.2: Montagem auto-sustentável

Suponha, por exemplo, que o coletor do lado esquerdo e, conseqüentemente, o indutor do lado direito estejam inicialmente carregados com uma pequena carga negativa. Desse modo, cargas positivas serão induzidas na superfície do filete d'água que passa por este indutor. Na transição do fluxo contínuo para o discreto, as gotas formadas carregarão parte desta carga consigo, transferindo-a para o coletor ao atingi-lo. A carga positiva acumulada no coletor direito carregará o indutor esquerdo, que provocará o acúmulo de cargas negativas no coletor deste lado, realimentando o processo inicial. O que temos então é um processo auto-sustentável, no qual as cargas geradas de um lado induzem cargas no outro.

A energia necessária para fazer funcionar o gerador é provida, é claro, pela queda das gotas. A montagem pode ser feita mantendo-se suspenso um recipiente cheio d'água no qual são acopladas as torneiras ou utilizando-se uma bomba para circular a água.

Resta ainda a questão da carga inicial do gerador. Esta carga deve surgir espontaneamente devido aos íons do ar, ao próprio manuseio do instrumento ou no atrito das gotas que caem com o ar. É claro que, desta forma, não é possível prever qual dos coletores será positivo e qual será negativo (a escolha dos sinais nas figuras 1 e 2 é meramente ilustrativa). A carga inicial é uma das sérias dificuldades proporcionadas pela alta umidade relativa do ar, pois neste caso a carga não aparece. Pode ser necessário então forçar a carga inicial através, por exemplo, da aproximação de um objeto eletrizado.

3. Montagem:

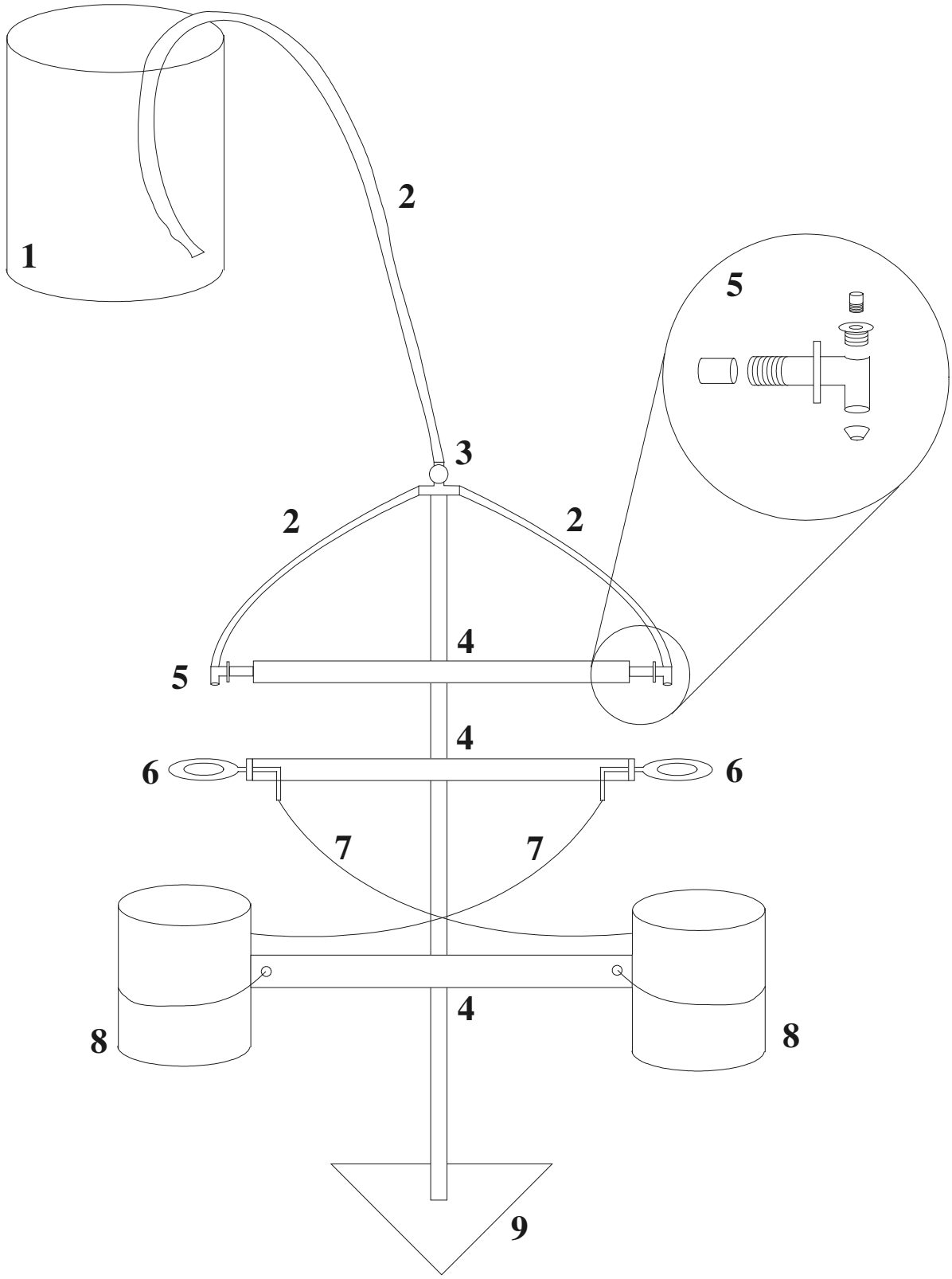

Fig. 3: Esquema da montagem (veja legenda)

Legenda (figura 3):

1 – Lata de tinta (reservatório).
2 – Mangueiras.
3 – Divisor e registro.
4 – Tubos de PVC.
5 – Torneiras comerciais para suportes de galão de água (adaptadas).
6 – Fios de cobre de grosso calibre dobrados em forma de anel (indutores). O fio passa por dentro de uma tampa isolante e pelo interior do tubo.
7 – Fios de cobre comuns.
8 – Latas de achocolatado em pó (coletores). Presas ao tubo por presilhas plásticas.
9 – Suporte de laboratório de Química.

A figura 3 acima é um esquema de nossa montagem. Foi utilizado um suporte de laboratório de Química para sustentá-la. Os suportes horizontais são tubos de PVC, seguindo a orientação encontrada em uma página da Internet [2]. Segundo o autor, a madeira deve ser evitada pois conduz o suficiente para que não seja possível gerar as altas tensões pretendidas entre os dois coletores. Foram utilizados ainda fios de cobre de grosso calibre (indutores), latas de achocolatado (coletores), lata de tinta (reservatório) e torneiras para suporte de galão de água. As últimas sofrendo algumas adaptações na oficina do DFA.

O reservatório é posicionado acima do resto da montagem de modo que a água flui naturalmente, pela ação da gravidade, através das mangueiras (inicialmente preenchidas com água) para as torneiras. Nas torneiras, dotadas de um bico plástico de 2mm de diâmetro, fazemos a água gotejar. A posição da transição de fluxo contínuo para discreto pode ser regulada no registro e a altura dos indutores pode ser alterada coerentemente.

O autor de um artigo sobre esta experiência[1] relata que, em sua montagem, conseguiu estabelecer uma tensão de algumas dezenas de kilovolts com um tempo de carga da ordem de 10 ou 20 segundos. Porém, aqui em Campinas nesta época do ano, estamos enfrentando uma umidade relativa do ar em torno dos 90%. Com este nível de umidade, as cargas eventualmente geradas na máquina são muito rapidamente perdidas para o ambiente. Isto pode ser verificado carregando o sistema inicialmente – com um capacitor por exemplo – e medindo a tensão com um voltímetro. Dessa forma, o processo não se sustenta pois o sistema perde cargas para o ambiente mais rápido do que consegue gerar. Com efeito, um autor brasileiro[4] aponta para o fato de que esta montagem, assim como quase tudo em eletrostática, se torna impraticável em tempo úmido.

4. Conclusão:

O gerador eletrostático de Lorde Kelvin poderia ser uma experiência didática interessante pois possibilitaria demonstrações simples de efeitos eletrostáticos úteis tanto no ensino médio quanto no superior. Infelizmente, o funcionamento da máquina é fortemente condicionado à baixa umidade do ar e, portanto, não oferece bons resultados em qualquer época do ano.

5. Referências:

[1] CHAGNON, Paul; *Animated Displays VI: Electrostatic Motors and Water Dropper*, The Physics Teacher, vol.34, p.491-494, 1996.

[2] BEATY, Bill; *"Kelvin´s Thunderstorm": Lord Kelvin´s water-drop electrostatic generator*, http://www.amasci.com/emotor/kelvin.html

[3] Double Helix; *Kelvin Water Dropper*, http://www.csiro.au/helix/experiments/dhexpkelvin.html

[4] Netto, Luiz Ferraz, *"Chuva elétrica de Kelvin"*, http://www.feiradeciencias.com.br/sala11/11_01.asp