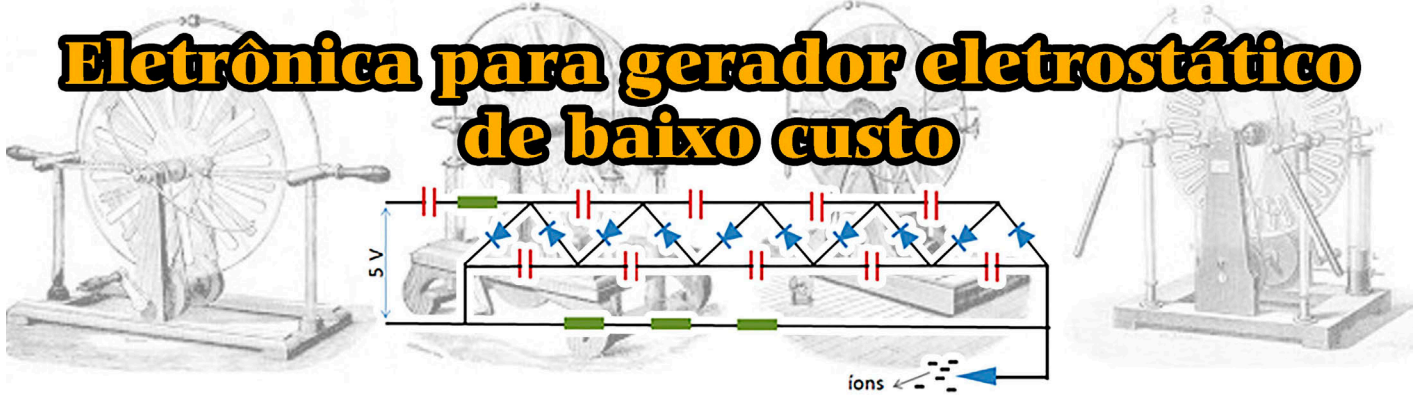


Eletrônica para gerador eletrostático de baixo custo



•••••
**André Luis Bonaventura^{1,#} e
Barbara Alves Nascimento Marques²**

¹Instituto Federal de Goiás, Valparaíso de Goiás, GO, Brasil.

²Instituto Federal de São Paulo, São José dos Campos, SP, Brasil.

RESUMO

Geradores eletrostáticos, tais como Wimshurst e Van der Graaff, foram importantes para o avanço da eletrostática e do eletromagnetismo. Aqui apresentamos um gerador eletrônico eletrostático feito a partir de um gerador de íons negativos conectado a um cabo USB e a um carregador de celular. O baixo custo e a baixa complexidade experimental permitem que ele seja executado na sala de aula, para contextualizar a teoria e aguçar o interesse experimental dos alunos.

Palavras-chave: gerador eletrostático; experimento de baixo custo; eletrônica

•••••

1. Introdução

O entendimento da eletrostática deu-se pelo avanço experimental das primeiras máquinas eletrostáticas, que eram capazes de gerar e armazenar as cargas elétricas [1, 2]. A primeira máquina de que se tem registro foi desenvolvida por Otto von Guericke, em 1663, mediante o atrito de uma esfera de enxofre. Contudo, máquinas com maior potência foram criadas no início do século XVIII, tal como a de Hauksbee (1705), na Inglaterra. A máquina de Hauksbee funcionava com o atrito rápido de globos de vidro por meio de sistemas de polias. Porém, as máquinas eletrostáticas mais comuns e com maior potência foram às máquinas criadas por Wimshurst, em 1833, e por Van der Graaff, em 1931 [3, 4].

Para o ensino de física, isolar a carga elétrica é uma maneira experimental para estudar o campo elétrico (E), que é uma grandeza vetorial [5]. A direção de E é perpendicular ao elemento de área dA em que as cargas elétricas estão distribuídas. O sentido das linhas de E estende-se para fora da carga positiva (de onde elas se originam) em direção a uma carga negativa (onde elas terminam). Já a intensidade de E está relacionada com a quantidade de cargas elétricas [6]. A Fig. 1 representa as cargas elétricas negativas distribuídas na superfície de uma esfera condutora. O campo elétrico, representado pelos vetores (setas laranja), é radial e perpendicular à superfície.

Geradores eletrostáticos são comumente usados no laboratório de física

para experimentos que envolvam campo elétrico, ruptura da rigidez dielétrica do ar e experiências lúdicas. Além disso, a eletrostática é aplicada em várias situações, tais como na impressão a jato de tinta, nas fotocópias, na higienização de alimentos ou mesmo em pesquisa de física envolvendo altas energias [7, 8].

Contudo, com o advento da eletrônica do estado sólido (microeletrônica e semicondutores), é necessário atualizar

Geradores eletrostáticos são comumente usados no laboratório de física para experimentos que envolvam campo elétrico, ruptura da rigidez dielétrica do ar e experiências lúdicas

os avanços no quesito de máquinas eletrostáticas [9]. Por isso, utilizaremos um gerador eletrônico para gerar íons (cargas elétricas) e depois armazená-los em uma cúpula metálica. A função desse tipo de gerador

eletrônico é multiplicar, por exemplo, a tensão de entrada de 5 V para uma tensão de saída de 1 kV. O gerador eletrônico que usaremos é lacrado e não deve ser aberto. Internamente, ele é composto por um circuito elétrico contendo diodos (D), capacitores (C) e resistores

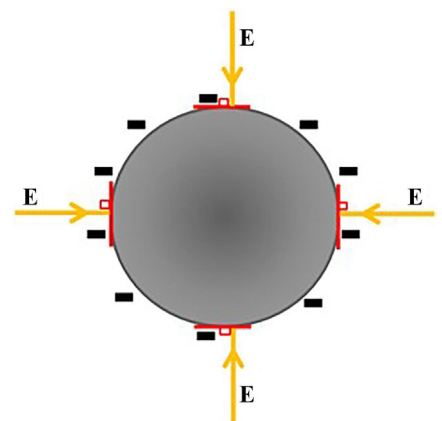


Figura 1 - Ilustração do campo elétrico

#Autor de correspondência. E-mail: fisico.bonaventura@gmail.com

(R), conforme apresentado na Fig. 2 [10]. Há outros circuitos para elevar a tensão elétrica, como por exemplo a bobina de Tesla [11].

2. Materiais e métodos

Os materiais utilizados foram: gerador iônico (gerador de íons negativos, modelo FS-4224, fabricante Xu Zhou Feng Shuo Electrical Appliance, entrada 5 V, potência 1 W), cabo USB universal, carregador portátil de celular (modelo MCS-02BS, fabricante LG, entrada: 100-240 V, 60 Hz, saída: 5 V e 0,85 A), cúpula metálica (volume 550 mL), suporte dielétrico de vidro (becker 400 mL, modelo 101 B, fabricante Vidrolabor), detector de radiação (modelo GM3120, fabricante Benetch, precisão 1 V/m range: 1 a 1999 V/m).

O método constitui carregar eletricamente a cúpula metálica por meio do gerador de íons negativos e comprovar, qualitativa e quantitativamente, a presença de E em torno da cúpula metálica. A metodologia também constitui determinar a distância entre a cúpula metálica e uma ponta condutora aterrada capaz de provocar a ruptura da rigidez dielétrica do ar.

3. Resultados

A Fig. 3 apresenta os materiais utilizados e o esquema elétrico do experimento. Na primeira parte, Fig. 3-a, o gerador de íons negativos é indicado por uma seta vermelha. Já na segunda parte da figura, Fig. 3-b, é apresentado o esquema elétrico para montagem do experimento.

A Fig. 3-a apresenta o carregador de celular, o cabo USB e o gerador de íons negativos. Uma caneta convencional foi utilizada para comparar as dimensões do gerador de íons negativos. Esse dispositivo eletrônico (gerador de íons negativos) possui dois fios do lado esquerdo que representam a entrada de energia elétrica, sendo o fio preto o polo negativo e o fio vermelho o polo positivo. Do lado direito do gerador de

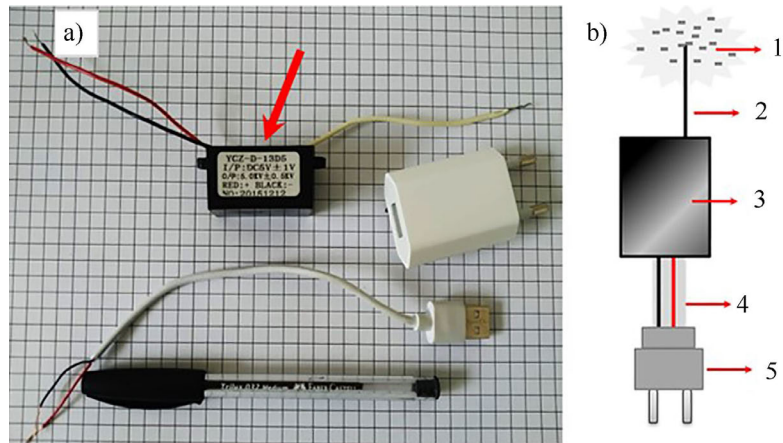


Figura 3 - a) gerador de íons negativos, cabo USB, carregador de celular e caneta convencional para comparação do tamanho do gerador de íons negativos; b) circuito elétrico para execução do experimento onde os números representam: 1) nuvem de íons negativos; 2) fio condutor de íons; 3) gerador de íons negativos; 4) cabo USB; 5) carregador de celular.

íons negativos, há apenas um fio de cor branca. Esse fio branco é por onde íons gerados são conduzidos até a parte interna da cúpula metálica. Note que o cabo USB é composto por 2 fios, um preto e outro vermelho, respectivamente polo negativo e polo positivo. Contudo, alguns cabos USB podem conter um fio de cor verde, que não deve ser utilizado neste experimento (em geral, esse fio verde serve para transferir dados entre um celular e um computador).

A Fig. 3-b representa o diagrama elétrico do aparato experimental. O gerador de íons negativos é representado pelo bloco sinalizado pelo número 3. O fio preto do gerador é conectado ao fio preto do cabo USB, assim como o fio vermelho do gerador é conectado ao fio vermelho do USB. Após a conexão dos fios, eles são isolados com uma fita isolante. A saída monofásica do gerador de íons negativos (fio branco) será conectada ao interior da cúpula metálica. Para tanto, é importante certificar-se de que o fio esteja em contato direto com a cúpula metálica. Pode-se usar um pedaço de fita isolante para fixar o fio branco dentro da cúpula. Por fim, o cabo

USB é conectado a um carregador de celular e à rede elétrica.

Importante destacar dois pontos fundamentais: 1) a montagem experimental deve ser feita sem conectar o carregador do celular na rede elétrica; 2) a execução do experimento deve ser acompanhada e supervisionada por um professor. Em geral, os carregadores de celulares são bivolt, ou seja, podem ser conectados em 110 V ou 220 V, e a corrente elétrica é próxima de 0,85 mA. Contudo, a tensão elétrica na cúpula metálica é próxima de 800 V, porém a corrente elétrica é baixa, ou seja, menor que 1 mA. Por isso, a potência elétrica é 0,8 W.

A Fig. 4 apresenta a montagem completa do experimento. Analisando a Fig. 4, podemos observar a simplicidade do aparato experimental quando comparado com geradores eletrostáticos convencionais, tais como Wimshurst ou Van der Graaff. Essa simplicidade permite que o experimento seja realizado dentro da sala de aula e de forma trivial pelo professor. Note que as cargas elétricas serão armazenadas na cúpula metálica do gerador, tal como são armazenadas no gerador de Van der Graaff.

Para verificar a existência do E em torno da cúpula metálica, foi utilizado um eletroscópio de folha dupla. Ao se aproximar o eletroscópio de folha dupla da superfície da cúpula metálica do gerador, as folhas do eletroscópio repelem-se, indicando que há E em torno da cúpula metálica. A intensidade do E foi medida usando um detector de radiação sensível ao E. A uma distância de 5 cm da cúpula condutora, o valor do E é de 1,0 kV/m.

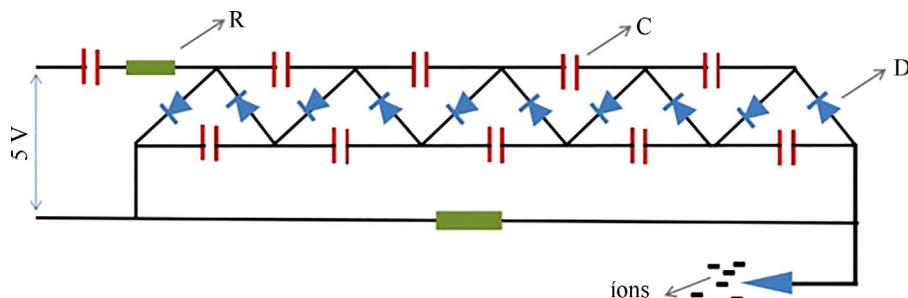


Figura 2 - Circuito elétrico do gerador iônico.



Figura 4 - Aparato experimental do gerador eletrostático de baixo custo.

Por fim, estimulamos a ruptura da rigidez dielétrica do ar, isto é, a produção de faísca elétrica. Esse resultado foi investigado por ser um evento atrativo e estimulante para os estudantes de física [12, 13]. O resultado mostrou que a ruptura da rigidez dielétrica do ar (umi-

dade relativa do ar 30% e 25 °C) ocorreu a uma distância de aproximadamente 1 cm entre a cúpula metálica e uma ponta condutora aterrada. Uma descarga elétrica foi induzida tocando-se com o dedo a superfície condutora. A corrente elétrica é pequena, menor que 1 mA, e provoca apenas cócegas.

4. Discussões

Este experimento aguça a curiosidade e melhora a difusão do ensino de física, em especial da eletrostática. Sugerimos que o professor explore outros conceitos teóricos pertinentes ao experimento, tais como: cargas elétricas, polaridade, força de Coulomb, grandezas físicas escalares e vetoriais. Também sugerimos que o professor proponha aos alunos uma pesquisa referente à revisão biográfica dos físicos e inventores que desenvolveram a eletrostática e outros da história da ciência. Já no contexto experimental, o professor pode abordar os conceitos de circuito elétrico, isolamento elétrico, equipamento de medições, eletroscópio, conversão AC/DC e rede elétrica, entre outros assuntos curriculares de física.

Por fim, o gerador apresentado é uma alternativa competitiva aos geradores eletrostáticos tradicionais do tipo Wimshurst ou Van der Graaff (raros nas escolas públicas). Além do mais, o gerador eletrônico não envolve partes móveis ou mecânicas e não produz ruídos sonoros. Esse gerador é classificado como de baixo custo, em relação aos geradores convencionais (Wimshurst ou Van der Graaff), pois, de acordo com uma pesquisa realizada na internet, o gerador eletrônico pode ser adquirido por um valor de aproximadamente 17 reais (cotação em site chinês no mês de abril de 2020 - dólar: U\$ 1,00 = R\$ 3,52).

5. Conclusões

Concluímos que além de ter baixo custo e execução simples, o gerador eletrostático é uma prática de ensino capaz de aguçar o interesse dos alunos para a física, em especial para instrumentação e o estudo da eletrostática.

Recebido em: 27 de Junho de 2020

Aceito em: 7 de Dezembro de 2020

Referências

- [1] D. Halliday, J. Walker, R. Resnick, *Fundamentos de Física: Eletromagnetismo* (LTC, Rio de Janeiro, 2016), v. 3, p. 408.
- [2] A. Guerra, J.C. Reis, M.A.B. Braga, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **21**, 2 (2004).
- [3] A. Gaspar, *Física: Eletromagnetismo Física Moderna* (Ática, São Paulo, 2006), v. 3, p. 448.
- [4] N.G. Ferraro, P.T. Soares, F. Ramalho Junior, *Os Fundamentos da Física. Eletricidade, Introdução à Física Moderna e Análise Dimensional* (Moderna, São Paulo, 2009), v. 3, p. 520.
- [5] M.F. Magalhães, W.M.S. Santos, P.M.C. Dias, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 489 (2002).
- [6] J.P.A. Bastos, *Eletromagnetismo e Cálculo de Campos* (UFSC, Florianópolis, 1992), p. 231.
- [7] R.F. Harrington, *Introduction to Electromagnetic Engineering* (McGraw-Hill, New York, 1958), p. 764.
- [8] J.F. Rocha, *Origens e Evolução das Ideias da Física* (EDUFBA, Salvador, 2002), p. 374.
- [9] D.D. Telles, J. Mongelli Neto, *Física com Aplicação Tecnológica* (E. Blucher, São Paulo, 2015), v. 3, p. 464.
- [10] N.C. Braga, *Monte um Ionizador Negativo*, disponível em <https://www.newtonbraga.com.br/index.php/saude-e-meio-ambiente/391-monte-um-ionizador-negativo>, acessado em 15/9/2020.
- [11] A.J. Chiquito, F. Lanciotti Junior, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 69 (2000).
- [12] E.C. Valadares, *Física Mais Que Divertida: Inventos Eletrizantes Baseados em Materiais Reciclados e de Baixo Custo* (UFMG, Belo Horizonte, 2002), p. 328.
- [13] A.S.T. Pires, *Evolução das Ideias da Física* (Livraria da Física, São Paulo, 2008), p. 478.