

Física Básica II-5910196

Departamento de Física- FFCLRP - USP

Linhas Equipotenciais

Objetivos: Realizar o mapeamento de linhas equipotenciais e de campo elétrico produzidos por diferentes geometrias de carga elétrica.

Introdução:

O conceito de campo é bastante geral e pode ser aplicado a diversas grandezas. Um campo é uma região do espaço onde alguma grandeza tem um valor definido em todos os pontos. Podemos falar no campo gravitacional terrestre que faz com que a todo ponto do espaço esteja associada uma determinada aceleração da gravidade g .

Para uma partícula positivamente carregada no vácuo queremos conhecer suas características elétricas. Alguma forma tem que ser encontrada para interagir com esta partícula e a maneira mais simples é nos valermos de uma outra carga positiva, que será chamada de carga de prova, e pesquisar as relações com a carga inicial. A grandeza mais facilmente mensurável neste caso é a força de interação que sabemos ser proporcional às cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância de separação e na direção do vetor que une as duas cargas:

$$\vec{F}_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

Podemos então descrever a partícula carregada em termos da força que seria exercida sobre uma carga de prova em qualquer ponto do espaço. A forma de visualizar isto seria através de linhas de força, que são tangentes à força em cada ponto do espaço. Um conceito intimamente ligado ao de força elétrica é o de campo elétrico. Operacionalmente, define-se o campo elétrico como:

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{1,2}}{q_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Portanto, o campo elétrico é um vetor paralelo à força, porém com módulo q_2 vezes menor.

A Figura 1 mostra as linhas de campo elétrico de uma carga pontual $+q$, $-q$ e $+2q$. Observe que a densidade de linhas de campo é proporcional à intensidade da carga elétrica.

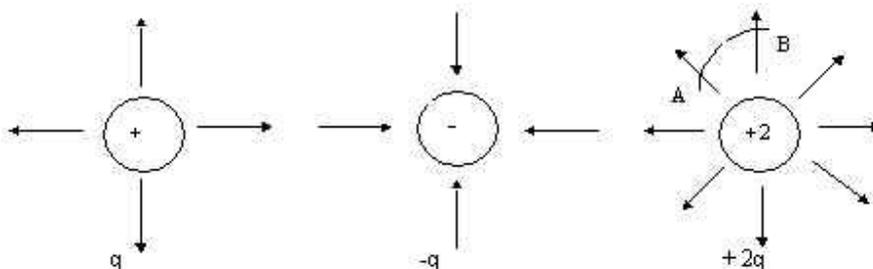


Figura 1: Linhas de campo elétrico para diferentes cargas elétricas “pontuais”. Observe que o número de linhas é proporcional à carga.

Agora que temos uma visão das linhas de campo elétrico podemos fazer a seguinte pergunta: Um agente externo realiza algum trabalho quando leva a carga de A até B pelo trajeto indicado na Figura 1? A resposta é não, pois a força eletrostática $\vec{F} = q\vec{E}$, é perpendicular à trajetória e consequentemente não existe trabalho realizado sobre o sistema e nem variação da energia potencial U. Portanto, uma carga de prova colocada em qualquer ponto de um círculo concêntrico com a carga inicial possui a mesma energia potencial U, o que equivale a dizer que este círculo é uma curva equipotencial pois o potencial elétrico é obtido através de $V=U/q$. Um ponto a se ressaltar é que o conhecimento do campo elétrico implica no conhecimento das linhas equipotenciais e vice-versa, e que ambas são perpendiculares entre si.

Lista de Material Disponível no laboratório: 1 fonte DC regulável, 1 cuba de acrílico, Solução de CuSO_4 , 1 ponta de prova fixa, 1 ponta de prova móvel, Diversos tipos de eletrodos: 2 cilíndricos; 2 lineares tipo barra e 1 anel, 1 galvanômetro analógico, 1 multímetro digital, Cabos de conexão e suportes metálicos, folhas de papel quadriculado(2 tipos diferentes de gabarito em anexo) e milimetrado.

Procedimento Experimental:

Experimentalmente, determinaremos as superfícies equipotenciais de uma dada geometria de cargas e depois encontraremos as linhas de campo elétrico. O problema experimental consiste em visualizar as superfícies ou linhas equipotenciais. Uma maneira prática é utilizarmos um aparelho (voltímetro ou galvanômetro) que mede a diferença de potencial ou ddp entre dois pontos. Com um voltímetro procuramos os pontos que não possuem ddp entre si e, unindo estes pontos, determinamos as várias linhas equipotenciais. Para facilitar o nosso trabalho, essas medidas serão realizadas numa solução eletrolítica (CuSO_4) na qual estão imersos eletrodos simulando a distribuição de cargas para a qual vamos mapear as linhas equipotenciais.

O material fornecido ao estudante deve ser montado da seguinte maneira:

- (a) coloque uma folha de papel quadriculado debaixo da cuba transparente, de maneira que você possa ver as linhas do papel através da cuba;
- (b) inserir um pouco da solução de CuSO_4 dentro da cuba até atingir um nível de aproximadamente 1 cm;
- (c) coloque os eletrodos cilíndricos dentro da cuba, conforme o desenho padrão no gabarito;
- (d) ligue a fonte de alimentação na tomada e ajuste a tensão de **saída para 1 V**;
- (e) verifique que a tensão de saída da fonte é de fato 1 V com o voltímetro;
- (f) usando os fios de conexão, ligue o terminal positivo da fonte a um dos eletrodos metálicos e o terminal negativo ao outro eletrodo;
- (g) mergulhe uma das pontas de prova na cuba e fixe-a na vertical com o auxílio de um pedestal (**procure colocá-la sobre o cruzamento de duas linhas do papel quadriculado**);
- (h) marque na folha de papel milimetrado o ponto sobre o qual você colocou a ponta de prova;
- (i) conecte esta ponta de prova a um dos terminais do galvanômetro usando um fio de conexão;
- (j) conecte a outra ponta de prova ao outro terminal do galvanômetro;
- (k) esta segunda ponta de prova ficará solta para que você possa colocá-la sobre diferentes pontos da cuba e medir a diferença de potencial entre as duas pontas com o galvanômetro;
- (l) procurar um ponto tal que a diferença de potencial entre ele e o ponto fixo seja nula, marque-o no papel milimetrado;
- (m) após encontrar vários pontos(8 a 10) tais que as diferenças de potencial entre eles e o ponto fixo sejam nulas e marcá-los no papel milimetrado, você poderá desenhar uma linha equipotencial unindo os pontos. **Marque também qual a diferença de potencial dessa linha equipotencial em relação a um dos eletrodos.**

SUGESTÃO: Procure colocar as pontas de prova fixas sempre sobre pontos que estejam a iguais diferenças de potencial entre si, para que as linhas equipotenciais traçadas tenham a mesma diferença de potencial entre elas. Ainda, outra opção seria coletar linhas equipotenciais que estivessem separadas espacialmente a cada 2 quadradinhos do papel de gabarito. Escolha a sua opção.

(n) Repetindo-se este procedimento com a ponta de prova fixa sobre outros pontos, pode-se traçar várias linhas equipotenciais.

Neste experimento, você deverá repetir o procedimento descrito acima para os eletrodos em barra e com o anel entre as barras.

Após a realização do experimento e desenho das linhas equipotenciais, fotocopie as suas folhas de dados originais. Sabendo-se que as linhas de campo são perpendiculares às equipotenciais, procure traçá-las na cópia final. Procure explorar ao máximo os dados obtidos, sem destruir ou danificar seus dados ou folhas originais que poderão ainda ser utilizadas em momento futuro.

A Figura 2 ilustra as configurações a serem montadas.

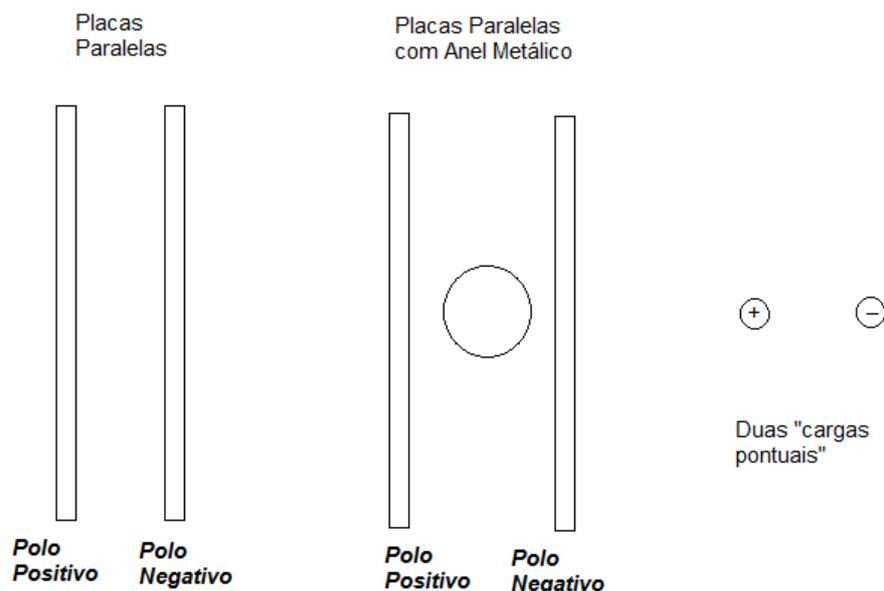


Figura 2: Configurações a serem montadas com os eletrodos metálicos para simular geometrias de cartas elétricas importantes.

Bibliografia:

1. Keller, F.J., Gettys, W.E. e Skove, M.J. Física, Vol. 2, São Paulo, MAKRON Books, capítulo 22.
2. Tipler, P. A. Física, Vol. 2, Rio de Janeiro, Guanabara Dois, capítulo 29.
3. Serway, R.A., Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Philadelphia, PA, Saunders College Publishing, chapter 25.
4. Schiel, D. Mapeamento de campos eletrostáticos em uma cuba eletrolítica. Revista de Ensino de Física, Vol. 1 (1), 1978.

Roteiro e texto resumido e adaptado pelo Prof. Eder R. Moraes a partir de roteiro previamente existente no DF-FFCLRP-USP. Março de 2017.