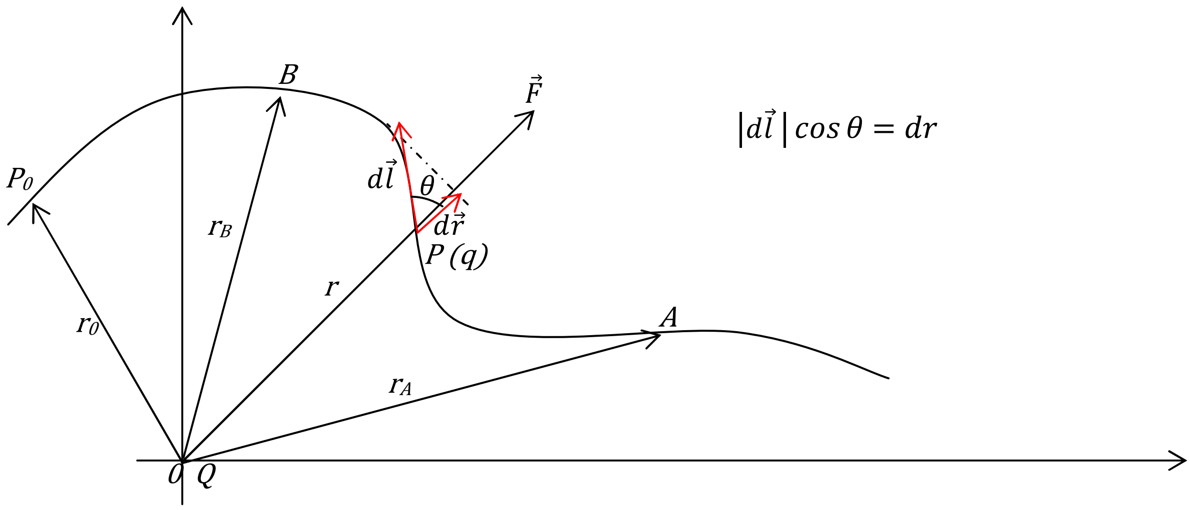
A energia não se perde, ela se transforma de uma modalidade em outra ou em trabalho.

Trabalho da Força Eletrostática

O trabalho, na Física é sempre relacionado a uma força que desloca uma partícula ou um corpo.

Dizemos que uma força $\vec{F}$ realiza trabalho quando atua sobre um determinado corpo que está em movimento. A partir dessa descrição podemos dizer que só há trabalho sendo realizado se houver deslocamento, caso contrário o trabalho realizado será nulo. Assim, se uma pessoa sustenta um objeto, sem deslocá-lo, ela não está realizando nenhum trabalho sobre o corpo.

Quando uma força $\vec{F}$ atua sobre um corpo no mesmo sentido de seu movimento (ou deslocamento) ela está favorecendo o movimento desse corpo, considera-se positivo o trabalho realizado pela força.



O trabalho do campo da carga Q, sobre a carga q que se desloca do ponto A até o ponto B é dado então por:

$$d\tau = \vec{F}\cdot\overrightarrow{dl} \quad como \quad \vec{F} = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r^2}\hat{e}_r \quad temos \quad d\tau = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r^2}\hat{e}_r\cdot d\vec{l}$$

$$d\tau = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r^2}|\hat{e}_r||d\vec{l}|\cos\theta \rightarrow \begin{cases} |\hat{e}_r| = 1 \\ |d\vec{l}|\cos\theta = dr \end{cases} \therefore\ d\tau = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r^2}dr$$

$$\tau_{AB} = \ k\cdot Q\cdot q\int_A^B\frac{1}{r^2}dr \rightarrow \ \tau_{AB} = \ k\cdot Q\cdot q\ \left(\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_B}\right)$$

A unidade de trabalho no S.I. é Joule (J)

Vale lembrar que estamos estudando o trabalho da força elétrostática e este não depende da trajetória que a carga percorrerá, e sim unicamente do ponto inicial e final que ela se encontrar (dos potenciais elétricos destes pontos). Portanto, se a carga se deslocar em uma superfície equipotencial, não haverá trabalho, pois o potencial elétrico inicial e final terão o mesmo valor. A carga ainda pode se deslocar e voltar ao mesmo ponto de partida, caracterizando também um trabalho nulo.

Profª Adriana Touso Longo

Energia potencial elétrica

Imagine dois objetos eletrizados, com cargas de mesmo sinal, inicialmente afastados. Para aproximá-los, é necessária a ação de uma força externa, capaz de vencer a repulsão elétrica entre eles. O trabalho realizado por esta força externa mede a energia transferida ao sistema, na forma de energia potencial de interação elétrica.

$$\tau_{PP_0} = (EP)_P$$

$$V_P = \frac{(EP)_P}{q} \quad \rightarrow \quad (EP)_P = V_P \cdot q$$

Potencial elétrico

Com relação a um campo elétrico, interessa-nos a capacidade de realizar trabalho, associada ao campo em si, independentemente do valor da carga q colocada num ponto desse campo. Para medir essa capacidade, utiliza-se a grandeza potencial elétrico.

Para obter o potencial elétrico de um ponto, coloca-se nele uma carga de prova q e mede-se a energia potencial adquirida por ela. Essa energia potencial é proporcional ao valor de q. Portanto, o quociente entre a energia potencial e a carga é constante. Esse quociente chama-se potencial elétrico do ponto.
Ele pode ser calculado pela expressão:

$$V_P = \frac{(EP)_P}{q}$$

Onde:
V → é o potencial elétrico em Volts
$(EP)_P$ → é a energia potencial do ponto em Joule
q → é a carga em Coulomb
A unidade de potencial elétrico no S.I. é J/C = V (volt)

Portanto, quando se fala que o potencial elétrico de um ponto P é $V_P = 10$ V, entende-se que neste ponto uma unidade de carga de 1C adquire de 10J de energia potencial elétrica. Se a carga elétrica for 3C, por exemplo, ela adquira uma energia potencial elétrica de 30J, obedecendo à proporção. Não podemos esquecer que é preciso adotar um referencial para tal potencial elétrico. Esse referencial é uma região que se encontra muito distante da carga, localizado no infinito (ponto P_0).

$$V_\infty = 0$$

Para calcular o potencial elétrico devido a uma carga puntiforme usa-se a equação:

$$V_P = k\left(\frac{Q}{r} - \cancel{\frac{Q}{r_0}}\right)$$

Onde :
k é a constante de permissividade do vácuo $k = 9.10^9$ N.m²/C²
r é a distância em metro
Q a carga geradora em Coulomb
como $r_0 = \infty$ o termo dividido por r_0 é igual a zero e pode ser desconsiderado.

Como o potencial é uma grandeza escalar, o potencial gerado por várias cargas puntiformes é a soma algébrica (usa-se o sinal das cargas) dos potenciais gerados por cada uma delas como se estivessem sozinhas:

$$V_P = k\left(\sum \frac{Q}{r} - \cancel{\sum \frac{Q}{r_0}}\right) \Longrightarrow V_P = k\left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3} + \frac{Q_4}{r_4} + \cdots + \frac{Q_n}{r_n}\right)$$

O potencial gerado por uma distribuição contínua de cargas é dado por:

$$dV = k\left(\frac{dQ}{r} - \cancel{\frac{dQ}{r_0}}\right) \quad ou \quad V = k\left(\int \frac{dQ}{r} - \cancel{\int \frac{dQ}{r_0}}\right)$$

Diferença de potencial

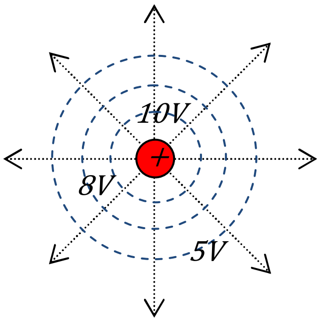
A diferença de potencial entre dois pontos, em uma região sujeita a um campo elétrico, depende apenas da posição dos pontos. Assim, podemos atribuir a cada ponto um potencial elétrico, de tal maneira que a diferença de potencial entre eles corresponda exatamente à diferença entre seus potenciais, como o próprio nome indica.

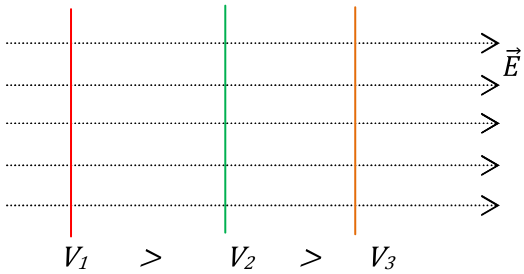
Fisicamente, é a diferença de potencial que interessa, pois corresponde ao trabalho da força elétrica por unidade de carga.

$$\tau_{AB} = -\,[(EP)_B - (EP)_A] \rightarrow \tau_{AB} = -\Delta(EP)$$

$$\tau_{AB} = -\,q(V_B - V_A) \rightarrow \tau_{AB} = -\,q\Delta V$$

Superfície equipotencial





Quando uma carga puntiforme está isolada no espaço, ela gera um campo elétrico em sua volta. Qualquer ponto que estiver a uma mesma distância dessa carga possuirá o mesmo potencial elétrico. Portanto, aparece ai uma superfície equipotencial esférica.

Podemos também encontrar superfícies equipotenciais no campo elétrico uniforme, onde as linhas de força são paralelas e eqüidistantes. Nesse caso, as superfícies equipotenciais localizam-se perpendicularmente às linhas de força (mesma distância do referencial).

Nota-se que, percorrendo uma linha de campo no seu sentido, encontramos potenciais elétricos cada vez menores.

Vale ainda lembrar que o vetor campo elétrico é sempre perpendicular à superfície equipotencial, e conseqüentemente à linha de campo que o tangencia também.

Relação entre Campo Elétrico e Potencial Elétrico

Os problemas que nos são apresentados em eletrostática, devido a qualquer distribuição de carga, pode ser descrito tanto em termos do campo elétrico como do potencial elétrico. A solução destes problemas é simplificada quando usamos o potencial elétrico em vez do campo elétrico, pois o primeiro é um campo escalar e o segundo um campo vetorial.

Sabemos que o potencial é uma função escalar que depende, em geral, do ponto do espaço e conseqüentemente pode ser escrito por V = V(x,y,z). A próxima equação nos fornece uma relação diferencial entre campo e potencial elétrico, isto é;

$$\vec{E} = -grad\,V = -\nabla V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$$

Deste modo, se conhecemos o potencial elétrico podemos determinar o campo elétrico. A equação acima nos diz que o campo elétrico é proporcional ao decréscimo do potencial elétrico. Isso significa que o potencial elétrico diminui no sentido das linhas de campo elétrico.

Profª Adriana Touso Longo