

## 1-1- INTRODUÇÃO

Em um corpo feito de material bom condutor, a eletricidade se distribui pela superfície externa. Isso pode ser mostrado muito simplesmente com uma série de experiências.

### 1ª Experiência

Eletrizamos um corpo metálico oco que possua um orifício (fig. 1). Tocando a face externa do corpo com o botão de um eletroscópio, as folhas do eletroscópio divergem, mostrando que há carga elétrica nessa face (fig. 2). Depois tocamos a face interna com um corpo de prova (é um disco metálico preso a um cabo isolante). Se nessa face interna houver carga elétrica, o disco metálico se eletrizará por contato. Encostando o disco metálico no botão do eletroscópio, este não revela eletrização. Isso mostra que o corpo de prova não se eletriza, e, portanto, não há carga elétrica na face interna do corpo.

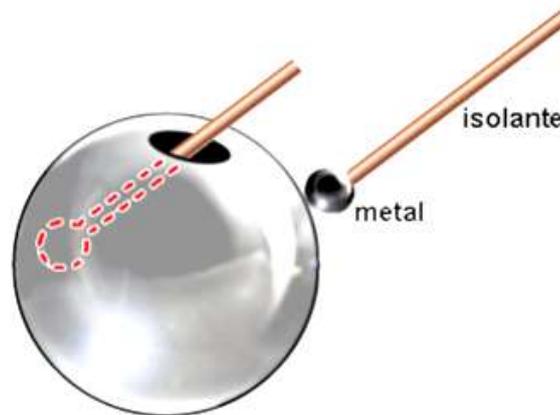


Fig. 1- Experiência para comprovar que a eletricidade se distribui pela superfície externa do condutor.

### 2ª Experiência (de Faraday)

Com uma tela metálica fazemos uma superfície de forma cônica. Um fio  $f$  isolante é amarrado ao vértice da superfície. Eletrizando o corpo e tocando-o com o eletroscópio na face externa, este revela existência de carga elétrica nessa face. Tocando a face interna com o corpo de prova e levando-o ao eletroscópio, este não revela a existência de carga no corpo de prova, e, portanto, na face interna do funil. Depois puxamos o fio  $f$ , de maneira a virar o funil ao avesso: a face interna ficará sendo externa e vice-versa. Repetindo o exame com o eletroscópio verificaremos que a eletricidade se distribui na nova face externa; portanto, a eletricidade muda de face, de maneira a ficar sempre na face externa.

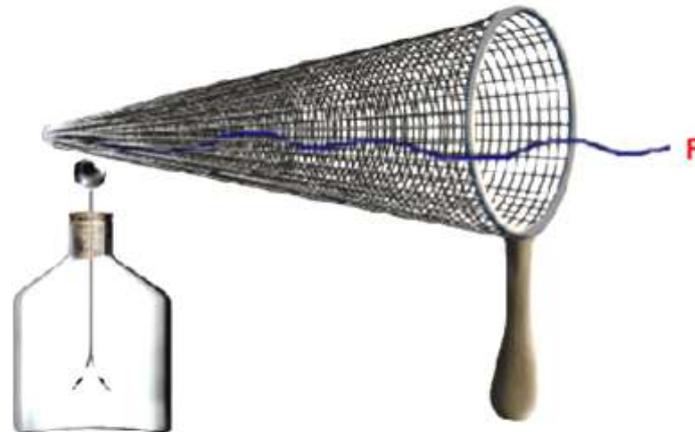


Fig. 2- Experiência de Faraday.

Esta experiência mostra que, mesmo quando a superfície do condutor é descontínua a carga elétrica se distribui pela superfície externa.

### 3ª Experiência (de Cavendish)

Cavendish tomou uma esfera metálica com suporte isolante, e dois hemisférios que se adaptam perfeitamente à esfera, cada um com um cabo isolante (fig. 3). Eletrizou a esfera. Depois adaptou os dois hemisférios à esfera, e afastou-os. Depois de tê-los afastado, observou que a esfera estava neutra; a face interna dos hemisférios estava neutra; a face externa estava eletrizada. Concluiu que, quando os hemisférios foram adaptados, de maneira que passaram a formar um só corpo com a esfera, a eletricidade passou para a face externa desse conjunto.



Fig. 3- Experiência de Cavendish.

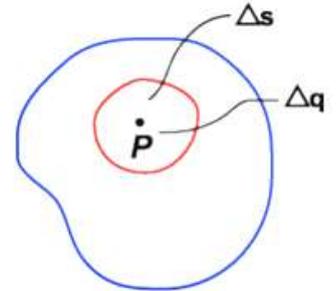
**Explicação** – Essas três experiências mostram que nos condutores a eletricidade se distribui pela superfície externa. A explicação que damos para esse fato é a seguinte: a carga de um corpo é a soma das cargas elétricas de um grande número de partículas eletrizadas com cargas de mesmo sinal: essas partículas, por terem cargas de mesmo nome, repelem-se. Portanto, tendem a afastar-se o mais possível. Por isso tendem a ocupar a maior superfície possível no corpo. E a maior superfície possível é a externa.

## 2- DENSIDADE ELÉTRICA SUPERFICIAL

Em muitas questões interessa-nos saber o valor da carga elétrica existente na unidade de área. Por isso definimos uma grandeza chamada densidade elétrica superficial.

### Densidade elétrica superficial média

Seja  $S$  a área da superfície externa e  $Q$  a carga elétrica de um corpo. Consideremos um elemento de superfície de área  $\Delta s$  e contendo carga  $\Delta q$  (fig. 4). Por definição, “densidade elétrica superficial média de uma superfície é o quociente da carga existente na superfície pela área da superfície”. A densidade elétrica superficial média de  $\Delta S$  é:



$$\sigma_m = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$$

### Densidade elétrica superficial em um ponto

Para definirmos a densidade elétrica num ponto  $P$ , consideremos uma superfície de área  $\Delta S$  que contorne o ponto  $P$ . Fazendo a área  $\Delta s$  tender a zero, a superfície vai tender ao ponto  $P$ .

Por definição chama-se densidade elétrica superficial no ponto  $P$  ao limite da densidade elétrica média de uma superfície que contenha  $P$ , quando a área dessa superfície tende a zero de maneira tal que ela contenha sempre o ponto  $P$ .

Por definição

$$\sigma_p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \sigma_m = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta S} = \frac{dq}{ds}$$

Esse limite se representa por  $dq/ds$ ; é chamado derivada da carga em relação à área.

A densidade elétrica superficial é sempre dotada de sinal. Ela tem o sinal da carga da superfície.

### Definição

Chama-se corpo uniformemente eletrizado aquele cujos pontos têm todos a mesma densidade elétrica. Num corpo uniformemente eletrizado, a densidade elétrica superficial de seus pontos é a densidade elétrica média de qualquer de suas regiões, e, em particular, é igual à densidade média da superfície inteira do corpo. Nesse caso, sendo  $S$  a área da superfície externa total do condutor,  $Q$  a sua carga elétrica total,  $\sigma$  a densidade elétrica, igual para todos os pontos, temos:

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

Neste curso suporemos sempre os condutores uniformemente eletrizados.

### Exemplo

#### - Densidade elétrica de uma esfera

Uma esfera sempre fica uniformemente eletrizada. Assim, a densidade elétrica, que é a mesma em qualquer ponto, é o quociente da carga total pela área total:

$$\sigma = \frac{Q}{S} \text{ mas } S = 4\pi R^2.$$

Então

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

## 3- UNIDADES DE DENSIDADE ELÉTRICA

Definimos esta unidade baseando-nos em corpo uniformemente eletrizado. Num corpo uniformemente eletrizado,  $\sigma = \frac{Q}{S}$ . Para que tenhamos  $\sigma = 1$  é necessário que seja  $Q = 1$  e  $S = 1$ .

### A. Sistema CGSES

A unidade de  $\sigma$  é obtida fazendo-se:

$$Q = 1 \text{ uesCGSq}$$

$$S = 1 \text{ cm}^2$$

Resulta:

$$\sigma = \frac{1 \text{ uesCGSq}}{1 \text{ cm}^2} = 1 \frac{1 \text{ uesCGSq}}{1 \text{ cm}^2} = 1 \text{ uesCGS}\sigma.$$

A unidade de densidade elétrica superficial no sistema CGSES é a densidade elétrica superficial de um corpo uniformemente eletrizado que possui a carga de uma ues CGSq em cada centímetro quadrado. Representa-se por uesCGS  $\sigma$ .

## b. Sistema MKS

A unidade de  $\sigma$  é obtida neste sistema fazendo-se:

$$Q = 1c$$

$$S = 1m^2$$

Resulta:

$$\sigma = \frac{1c}{1m^2} = 1\left(\frac{c}{m^2}\right)$$

A unidade de densidade elétrica superficial no sistema MKS, é a densidade elétrica superficial de um corpo uniformemente eletrizado que possui a carga de um Coulomb em cada metro quadrado. É representada por  $c/m^2$ .

### Relação entre as duas unidades

Sabemos que

$$1c = 3 \cdot 10^9 \text{ uesCGSq}$$

$$1cm^2 = 10^4 cm^2$$

Logo

$$1\left(\frac{c}{m^2}\right) = \frac{1c}{1m^2} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ uesCGSq}}{10^4 cm^2} = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{uesCGSq}}{cm^2}$$

ou

$$\boxed{\frac{1c}{1m^2} = 3 \cdot 10^5 \text{ uesCGS}\sigma}$$

## 4- DISTRIBUIÇÃO DA DENSIDADE ELÉTRICA SUPERFICIAL

Em geral, os corpos não são uniformemente eletrizados: a densidade elétrica varia de ponto para ponto. A densidade elétrica é maior nas regiões de menor raio de curvatura, isto é, nas regiões mais curvas. Um corpo como o da figura abaixo, por exemplo, tem densidade elétrica maior na região AB do que em CD, porque AB tem a curva mais acentuada que CD.



Fig. 4- A densidade elétrica varia de ponto a ponto.

Como uma esfera tem raio de curvatura constante, ela é sempre uniformemente eletrizada. A figura abaixo mostra, com uma linha pontilhada, a distribuição da densidade elétrica em uma esfera (a), um cilindro (b), um ovóide (c) e um disco (d).

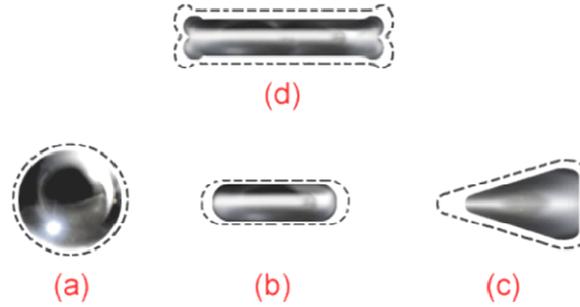


Fig. 5- Esfera tem raio de curvatura constante.