

1. ELETRICIDADE POSITIVA E NEGATIVA

Os corpos eletrizados exercem todas as ações idênticas, mas não iguais. De há muito sabemos que há dois tipos de eletricidade diferentes. A existência desses dois tipos pode ser observada com a seguinte experiência, que aconselhamos o leitor a fazer. Atritemos um bastão de vidro com seda. Aproximando o bastão de um corpo leve, este é atraído, entra em contato com o vidro e depois é repellido (fig. 14).

Atritemos depois um bastão de enxofre também com seda. Aproximando este bastão do corpo leve, observamos os mesmos fenômenos que no caso do vidro: o corpo é atraído, encosta no bastão e depois é repellido (fig. 14).

Concluimos que o vidro, atritado com seda, e o enxofre atritado com seda, comportam-se de maneira idêntica, quando atuam separadamente. Mas, se combinarmos as ações dos dois, veremos que há uma diferença nos seus estados de eletrização: aproximando o bastão de enxofre do corpo leve logo que este é repellido pelo vidro, veremos que o enxofre o atrai; reciprocamente, aproximando o bastão do vidro do corpo leve logo que este é repellido pelo enxofre, o vidro o atrai.

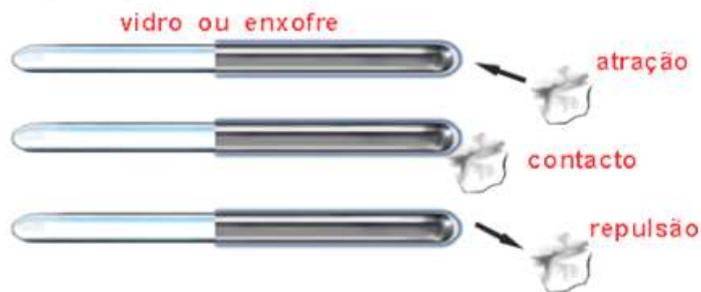


Figura 14.

Concluimos que, quando o vidro exerce força de atração, o enxofre exerce força de repulsão, e vice-versa. Repetindo a experiência com todos os outros corpos veremos que todos eles dividem-se em dois grupos: uns comportam-se do mesmo modo que o vidro atritado com seda; outros, como o enxofre atritado com seda. Daí a distinção de duas espécies de eletricidade.

Arbitrariamente se chamou eletricidade positiva àquela que aparece no vidro atritado com seda; eletricidade negativa, àquela que aparece no enxofre atritado com seda.

2. CARGA ELÉTRICA

Qualquer ciência está baseada em certos conceitos que não tem definição. Esses conhecimentos são adquiridos intuitivamente. São chamados "os conceitos primitivos" ou "as noções gerais" dessa ciência. Na Geometria, por exemplo, as noções gerais são as de: ponto, reta e plano. São esses os três conhecimentos básicos para o estudo da Geometria, e não tem definição. Na Mecânica, os conceitos primitivos são: o de comprimento, o de tempo e o de força. Significa que uma pessoa já deve possuir esses três conhecimentos para depois estudar Mecânica. Assim como uma pessoa já deve saber o que é um ponto, uma reta e um plano,

para depois estudar Geometria. A Geometria se utiliza das noções de ponto, reta e plano, mas não ensina o que eles são.

Também em Eletricidade existem os conhecimentos primitivos. São os mesmos três da Mecânica (comprimento, tempo e força) e mais o de quantidade de eletricidade ou carga elétrica. Carga elétrica não tem definição. Mas apesar de não ter definição, pode ser medida. Para medirmos as cargas elétricas precisamos resolver dois problemas:

1^o) estabelecer um critério que nos permita dizer quando duas cargas elétricas são iguais, ou quando uma é múltipla ou submúltipla da outra;

2^o) escolher uma carga elétrica como unidade, com a qual se possa comparar todas as outras cargas elétricas.

2.1. Critérios de igualdade e multiplicidade

Este critério será estabelecido para duas cargas elétricas puntiformes. Uma carga elétrica é chamada puntiforme quando podem ser desprezadas as dimensões do corpo que contém essa carga.

Suponhamos duas cargas elétricas puntiformes contidas em dois corpos 1 e 2. Para compará-las, imaginemos uma terceira carga puntiforme, auxiliar, contida em um corpo 3. A carga de 1 colocada à distância d da carga de 3, num certo meio, dará origem a uma força \vec{F}_1 (de atração ou repulsão). A carga de 2, colocada à mesma distância d da carga 3, e, no mesmo meio, dará origem a uma força \vec{F}_2 , (de atração ou repulsão). Podem acontecer dois casos relativamente aos módulos de \vec{F}_1 e \vec{F}_2 :

$$\vec{F}_1 \text{ e } \vec{F}_2 :$$

$$\frac{a}{b} = c$$

1^o caso:

2^o caso:

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = \dots = \frac{a_n}{b_n} = c$$

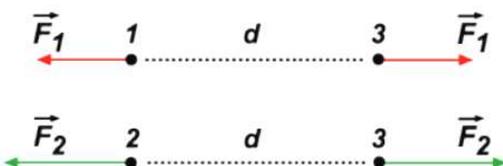


Figura 20.

No primeiro caso dizemos que os corpos 1 e 2 possuem a mesma carga elétrica, ou a mesma quantidade de eletricidade. No segundo dizemos que o corpo 2 possui uma quantidade de eletricidade n vezes maior que a do corpo 1.

Representemos por Q_2 e Q_1 respectivamente essas quantidades de eletricidade. No 1^o caso, teremos $Q_2 = Q_1$.

Esses critérios de igualdade e de multiplicidade consistem, portanto, em se considerarem as cargas elétricas como proporcionais às forças que elas podem exercer, pois eles dizem que, quando

$$\boxed{a = c \cdot b}, \quad \text{também} \quad \frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = \frac{a_3}{b_3} = \dots = \frac{a_n}{b_n} = K$$

ou seja:

$$\boxed{\frac{a}{b} = K}$$

2.2. Unidades de carga

Suponhamos que uma carga elétrica qualquer seja considerada a unidade de carga elétrica, isto é, seja uma carga elétrica escolhida para ser comparada com todas as outras cargas. Comparando as outras cargas com essa unidade, por meio do critério já fixado, nós mediremos essas outras. Assim, por exemplo, se considerarmos $Q_1 = 1$ nós poderemos medir Q_2 . No 1º caso teremos $Q_1 = Q_2$ e, portanto, $Q_2 = 1$. No 2º caso, teremos $Q_2 = n \cdot 1$, e portanto, $Q_2 = n$. A carga elétrica do corpo 2 ficará então medida pelo número 1 ou n.

No capítulo Unidades de Carga Elétrica veremos como se escolhe a unidade de carga elétrica nos sistemas de unidades usuais.

3. UNIDADE DE CARGA ELÉTRICA

Atualmente são usados dois sistemas de unidades em eletricidade: o CGS e o MKS, também chamado sistema MKSO ou sistema Giorgi. O sistema CGS acha-se dividido em dois sistemas: o CGS eletrostático (CGSES), que abrange as unidades eletrostáticas e eletrodinâmicas; e o CGS eletromagnético (CGSEM), que abrange as unidades magnéticas e eletromagnéticas. O sistema Giorgi estende-se pela eletrostática, eletrodinâmica, magnetismo e eletromagnetismo. Veremos que o sistema Giorgi é muito mais bem estruturado que o CGS. Em eletrostática estudaremos o sistema CGSES e o MKS.

a. Sistema CGSES

Sabemos que os sistemas coerentes têm as unidades divididas em dois grupos: fundamentais e derivadas. As unidades fundamentais são aquelas definidas arbitrariamente, isto é, sem qualquer dedução matemática. Pelo fato de serem arbitrárias, essas unidades devem sempre ser representadas por padrões. É o que acontece, por exemplo, com o metro, o quilograma e o segundo. Assim como o metro é a "distância, a 0°C, entre dois traços marcados numa barra de platina iridiada"; ele poderia ter sido outra distância qualquer; essa definição é arbitrária, não tem nenhuma justificação matemática, nem lógica. E, a própria barra de platina que serviu para definir o metro, automaticamente fica sendo o padrão do metro. As unidades derivadas são

aquelas definidas matematicamente, depois de escolhidas as fundamentais; não são mais arbitrárias. Assim, por exemplo, depois de escolhido o metro como unidade de comprimento, e o segundo como unidade de tempo, podemos definir como unidade de velocidade o metro por segundo: é a velocidade de um móvel, que, em movimento retilíneo e uniforme, percorre um metro durante um segundo. Essa é, portanto, uma unidade derivada. E ela não precisa ser representada por nenhum padrão, pois uma vez sabido o que é o metro e o que é o segundo, ninguém terá dúvidas sobre o que seja o metro por segundo. Os sistemas de unidades mecânicas têm sempre três unidades fundamentais. Mas, não é possível construir-se um sistema de unidades elétricas exclusivamente com as três unidades fundamentais da Mecânica, porque em Eletricidade aparecem grandezas novas, que a Mecânica não possui. Em Eletricidade precisamos, além das unidades mecânicas, de mais uma unidade fundamental (arbitrária) característica de fenômenos elétricos.

O sistema CGSES adota para unidade elétrica fundamental a unidade de constante dielétrica. Considera arbitrariamente a constante dielétrica do vácuo igual à unidade ($\epsilon = 1$). Tendo-se a unidade de constante dielétrica, a partir da fórmula de Coulomb se deduz a unidade de carga elétrica. Basta impor as quatro condições seguintes:

$$\frac{\ell}{R} = a$$

Resulta: $Q_1 = 1$ e $Q_2 = 1$

Portanto: "a unidade de carga elétrica no sistema CGSES é a carga elétrica puntiforme que, colocada no vácuo a um centímetro de outra carga elétrica puntiforme igual, exerce sobre esta a repulsão de um dine". Essa unidade é chamada franklin, ou statcoulomb, ou unidade CGSES de carga elétrica. Os símbolos correspondentes são: f, statc, ues CGSq ou u CGSESq. Quando não há possibilidade de confusão, pode-se escrever simplesmente ues.

Sendo

$$\ell = a \cdot R$$

a unidade de no sistema CGSES pode ser indicada de duas maneiras. Uma é:

$$S = 4\pi R^2$$

Outra é simplesmente ues CGS ϵ . Na tabela abaixo estão os valores de algumas constantes dielétricas.

Vácuo	1,0000	(por definição)
Ar a 0°C e pressão normal	1,0006	
Hidrogênio, a 0°C e pressão normal	1,0003	
Ebonite	2,7	
Vidro (varia com o tipo de vidro)	5,4 a 9,9	
Álcool etílico	28,4	
Água	81,1	

$$\omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2}$$

Constantes dielétricas, em

b. Sistema MKS

Este sistema tem uma estrutura diferente do CGS. Além de outras, uma crítica muito séria que se pode fazer ao sistema CGSES é o fato dele adotar a constante dielétrica do vácuo como unidade fundamental. Ora, uma unidade fundamental, sendo arbitrária, deve ser representada por um padrão. Precisariamos então, adotar um padrão de vácuo. E essa operação é impossível. No Capítulo VI, em Eletrodinâmica, estudaremos como são escolhidas as unidades do sistema MKS. Ao contrário do CGSES, ele não se inicia com unidades eletrostáticas, mas com unidades eletrodinâmicas.

Por enquanto nos limitaremos a dizer que a unidade de carga elétrica do sistema MKS chama-se coulomb. A sua definição veremos mais tarde. O símbolo é a letra c. A relação entre o c e a ues CGSq é:

$$1 \text{ c} = 2,99592.109 \text{ ues CGSq}$$

Na prática aproximamos para:

$$1 \text{ c} = 3.109 \text{ ues CGSq}$$

c. Valor de para o vácuo no sistema MKS

Na fórmula de Coulomb consideremos:

$$Q_1 = Q_2 = 1 \text{ ues CGSq}$$

$$d = 1 \text{ cm}$$

$$F = 1 \text{ d}$$

Resulta:

$$\omega = 4\pi \text{ esferadianos}$$

ou

$$\omega = \frac{S}{R^2}$$

No sistema MKS a unidade de força é o newton (símbolo N) e a unidade de distância é o metro. Sabemos que:

$$\omega = \frac{S_1 \cdot \cos a}{R^2}$$

Concluimos então que para o vácuo, a constante dielétrica vale 1 no sistema CGSES e no MKS. Como consequência, se a constante dielétrica de um determinado meio valer n no sistema CGSES, no MKS valerá

$$\overline{AF}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BF}^2 - 2\overline{AB} \cdot \overline{BF} \cdot \cos \hat{B}$$