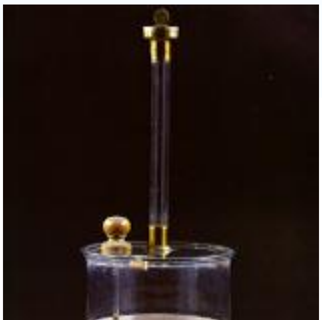
Lei de Coulomb

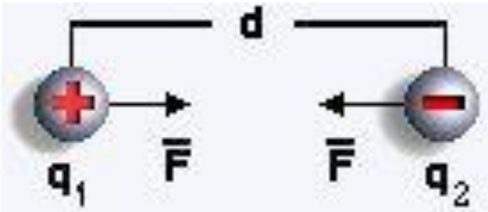
Charles Augustin de Coulomb

A **Lei de Coulomb** foi descoberta pelo físico francês Charles Augustin de Coulomb, trata do princípio fundamental da eletricidade. Em particular, diz-nos que o módulo da força entre duas cargas elétricas puntiformes (q_1 e q_2) é diretamente proporcional ao produto dos valores absolutos (módulos) das duas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância *d* entre eles. Esta força pode ser atrativa ou repulsiva dependendo do sinal das cargas. É atrativa se as cargas tiverem sinais opostos. É repulsiva se as cargas tiverem o mesmo sinal.
Obs: vale lembrar que entre um corpo neutro e um corpo carregado existe também atração.
Coulomb utilizou para estudar estas forças, um equipamento que ele mesmo desenvolveu a balança de torção. Trata-se de um instrumento que permite a verificação experimental da lei quantitativa das interações entre cargas elétricas. De um modo geral a balança é constituída por uma caixa de vidro, cilíndrica ou quadrada, fechada por uma tampa, também de vidro, da qual se eleva um tubo que termina num disco metálico de onde está suspenso um fio de torção que sustenta uma agulha horizontal de goma laca. Esta agulha tem numa das extremidades um pequeno disco vertical de latão e, na outra, uma esfera de medula de sabugueiro. A altura da agulha é regulada por meio de um botão que faz rodar um eixo horizontal onde se enrola o fio que a suspende. Este eixo está montado sobre um disco giratório no qual se encontra gravada uma escala dividida em graus. Esta escala avança em relação a uma marca de referência, fixa na coluna de vidro, de modo a possibilitar a medição de deslocamentos angulares.(figura 1)



(balança de torção (figura 1)

Consideremos duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2, separadas por uma distância **d** (Figura 2). Entre elas haverá um par de forças, que poderá ser de atração ou repulsão, dependendo dos sinais das cargas. Porém, em qualquer caso, a intensidade dessas forças será dada por:

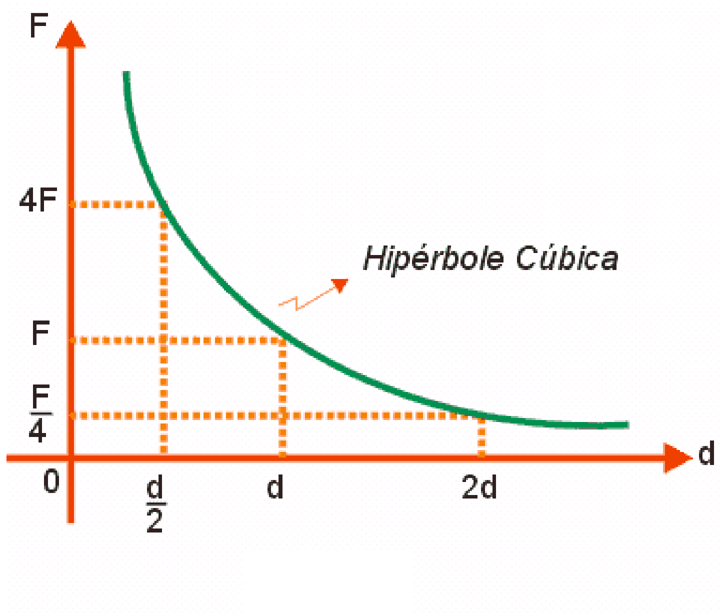


(figura 2).

$$F = \frac{K.\, q_1 \;\; q_2}{d^2}$$

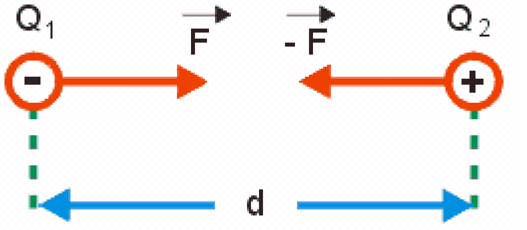
em que $\vec{F}$ é a força, em Newtons (N); d é a distância entre as duas cargas pontuais, em metros (m) e q_1 e q_2, os respectivos valores das cargas, em Coulombs (C). Por vezes substitui-se o factor $1/(4\pi\varepsilon_0)$ por *k*, a constante eletrostática do meio, onde

Se mantivemos fixos os valores das cargas e variarmos apenas a distância entre elas, o gráfico da intensidade de $\vec{F}$ em função da distância tem o aspecto da figura(3).



(figura3).

EXEMPLOS:
1)Duas cargas puntiformes estão no vácuo, separadas por uma distância d = 4,0 cm. Sabendo que seus valores são $Q_1 = -6,0 \cdot 10^{-6}$ C e $Q_2 = +8,0 \cdot 10^{-6}$ C, determine as características das forças entre elas.
RESOLUÇÃO
Como as cargas têm sinais opostos, as forças entre elas são de **atração**. Pela lei da Ação e Reação, essas forças têm a mesma intensidade $|\vec{F}|$ a qual é dada pela Lei de Coulomb:



$$|\vec{F}| = k\,\frac{|Q_1|\,.\,|Q_2|}{d^2}$$

$$\text{Sendo}\begin{cases} d = 4{,}0\ \text{cm} = 4{,}0\,.\,10^{-2}\ \text{m} \\ k = 9{,}0\,.\,10^{9}\ \dfrac{\text{N}\,.\,\text{m}^2}{\text{C}^2} \end{cases}$$

temos:

$$|\vec{F}| = 9{,}0\,.\,10^{9}\,.\,\frac{(6{,}0\,.\,10^{-6})\,(8{,}0\,.\,10^{-6})}{(4{,}0\,.\,10^{-2})^2} =$$

$$= \frac{(9{,}0)\,(6{,}0)\,(8{,}0)}{16}\,.\,\frac{(10^{9})\,(10^{-6})\,(10^{-6})}{(10^{-4})} = 27\,.\,10^{1} = 2{,}7\,.\,10^{2}$$

$$|\vec{F}| = 2{,}7\,.\,10^{2}\ \text{N}$$

2) (Fuvest) Duas partículas, eletricamente carregadas com $+ 8,0 \cdot 10^{-6}$ C cada uma, são colocadas no vácuo a uma distância de 30 cm, onde.

A força de interação eletrostática entre essas cargas é:
a) de repulsão e igual a 6,4 N.
b) de repulsão e igual a 1,6 N.
c) de atração e igual a 6,4 N.
d) de atração e igual a 1,6 N.
e) impossível de ser determinada
Resolução: Como ambas as cargas são positivas, pela Lei de Dufay a força entre elas é de repulsão e pela Lei de Coulomb:

$$F = K \cdot \frac{|Q| \cdot |Q|}{r^2}$$

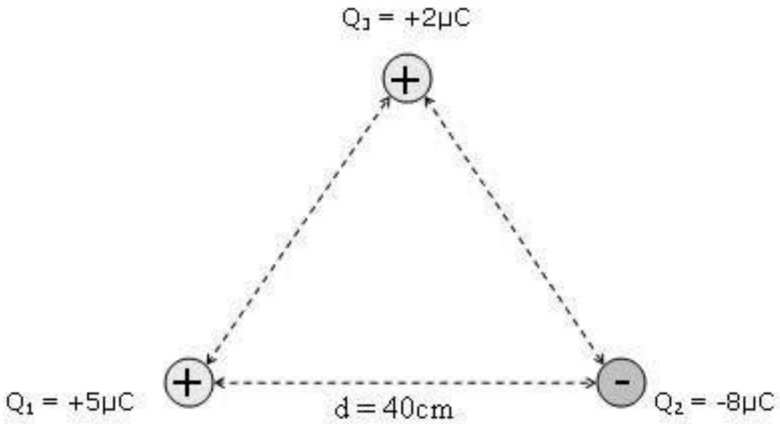
onde $Q = +8,0 \cdot 10^{-6}$ e $r = 30$ cm $= 3 \cdot 10^{-1}$ m,

$$temos: F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{\left(3 \cdot 10^{-1}\right)^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{64 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F = 6,4\ N}$$

Resposta: A

3) Três partículas carregadas eletricamente são colacadas sobre um triângulo equilátero de lado d=40cm conforme a figura abaixo. Qual o módulo da força e um esboço do vetor força elétrica que atua sobre a carga 3?



Para calcularmos o módulo da força que atua sobre a carga 3 devemos primeiramente calcular separadamente a influência que as cargas 1 e 2 causam nela, e através das duas calcular a força resultante.
Para calcularmos a força de **repulsão** *sofrida entre as duas cargas positivas:*

$$F_{13} = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{d^2}$$

$$F_{13} = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2/C^2 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} C \cdot 2 \cdot 10^{-6} C}{(0,4m)^2}$$

$$F_{13} = \frac{90 \cdot 10^{-3}}{0,16} N$$

$$F_{13} = 0,5624N$$

Para calcularmos a força de **atração** *sofrida entre a carga positiva e a negativa:*

$$F_{23} = k \cdot \frac{|Q_2| \cdot |Q_3|}{d^2}$$

$$F_{23} = 9 \cdot 10^9 \, N m^2/C^2 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} C \cdot 8 \cdot 10^{-6} C}{(0{,}4m)^2}$$

$$F_{23} = \frac{144 \cdot 10^{-3}}{0{,}16} N$$

$$F_{23} = 0{,}9N$$

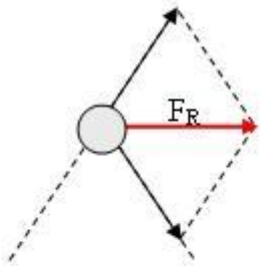
Para calcularmos a força resultante:

$$F_R = \sqrt{(F_{13})^2 + (F_{23})^2}$$

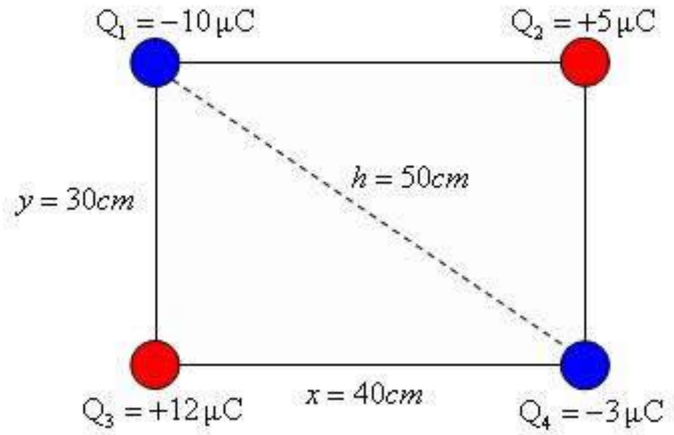
$$F_R = \sqrt{(0{,}5624)^2 + (0{,}9)^2}$$

$$F_R = 1{,}06N$$

Para esboçarmos a direção e o sentido do vetor força resultante devemos lembrar do sentido de repulsão e de atração de cada força e da regra do paralelogramo:



4) Quatro cargas são colocadas sobre os vértices de um retângulo de lados 40cm e 30cm, como mostra a figura abaixo:



Qual a intensidade da força sentida na partícula 4?

Para calcularmos a força resultante no ponto onde se localiza a partícula 4, devemos primeiramente calcular cada uma das forças elétricas que atuam sobre ela.

Para a força da partícula1 que atua sobre 4:

$$F_{14} = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_4}{h^2}$$

$$F_{14} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0{,}5^2}$$

$$F_{14} = \frac{270 \cdot 10^{-3}}{0{,}25} = 1{,}08N$$

Para a força da partícula2 que atua sobre 4:

$$F_{24} = k \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_4}{y^2}$$

$$F_{24} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0{,}3^2}$$

$$F_{24} = \frac{135 \cdot 10^{-3}}{0{,}09} = 1{,}5N$$

Para a força da partícula3 que atua sobre 4:

$$F_{34} = k \cdot \frac{Q_3 \cdot Q_4}{x^2}$$

$$F_{34} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0{,}4^2}$$

$$F_{34} = \frac{324 \cdot 10^{-3}}{0{,}16} = 2{,}025N$$

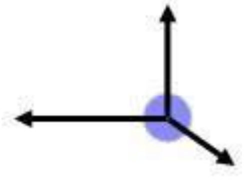
Para se calcular a força resultante:

$$F_R = \sqrt{(F_{14})^2 + (F_{24})^2 + (F_{34})^2}$$

$$F_R = \sqrt{(1{,}08)^2 + (1{,}5)^2 + (2{,}025)^2}$$

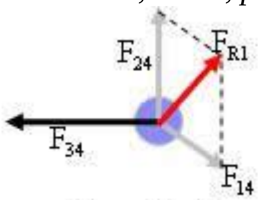
$$F_R = 2{,}74N$$

Para esboçarmos a direção e o sentido do vetor força resultante devemos lembrar do sentido de repulsão e de atração de cada força e da regra do paralelogramo:

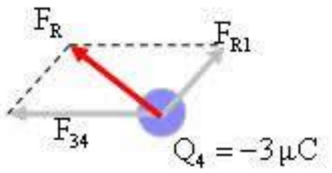


$Q_4 = -3\,\mu C$

Assim como no cálculodo módula das forças , não podemos somar todos os vetores de uma só vez, então, por partes:



$Q_4 = -3\,\mu C$


F_R
F_{R1}
F_{34}
$Q_4 = -3\,\mu C$

.