

LEY DE COULOMB PARA LA ELECTRICIDAD

La electrización por contacto o por frotamiento supone la existencia de fuerzas entre los cuerpos. Por este motivo, el físico francés Charles Coulomb pensó en aplicar ciertos conceptos de la mecánica newtoniana para la interpretación de fenómenos eléctricos.

Coulomb definió las cargas eléctricas como pequeñas porciones de materia electrizada que ejercen fuerzas a distancia. Luego, realizó una serie de experimentos destinados a medir la intensidad de esas fuerzas y definir los parámetros que determinan su comportamiento.

Para ello, consideró que un cuerpo electrizado tiene una cierta cantidad de cargas eléctricas distribuidas en todo su volumen. En sus experiencias, tomó en cuenta solo las fuerzas ejercidas por cargas puntuales, es decir, cada una de las que se distribuyen en los cuerpos cuando estos están cargados electrostáticamente.

La unidad de carga eléctrica se denomina coulomb, en recuerdo del físico francés.

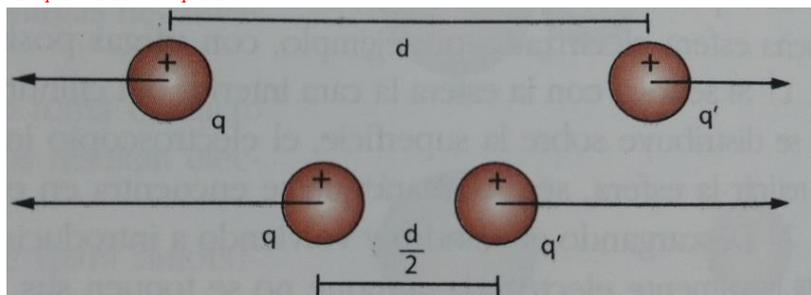
A través de sus experiencias, Coulomb halló que la fuerza \vec{F} entre cargas eléctricas depende tanto de la cantidad y el tipo de carga (es decir, su signo) como de la distancia que las separa.

Coulomb logró determinar las propiedades de la fuerza electrostática al desarrollar como instrumento de estudio una balanza de torsión, que consistió en una barra que colgaba sobre una fibra con la capacidad de torcerse y volver a su posición inicial.

De esta manera, Coulomb podía medir la fuerza que se ejercía sobre un punto de la barra al colocar varias esferas cargadas a diferentes distancias con el fin de medir la fuerza de atracción o repulsión según girara la barra.

A partir de los resultados obtenidos, formuló la siguiente ley:

La intensidad \vec{F} de la fuerza entre dos cargas es directamente proporcional al producto de los valores absolutos de esas cargas (q_1 y q_2) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia d que las separa.



La fuerza eléctrica es inversamente proporcional a la distancia d que separa a las cargas. En este ejemplo, si d se reduce a la mitad, la fuerza de repulsión aumenta cuatro veces; si las cargas tuvieran signo contrario, la fuerza sería atractiva. En símbolos, la **ley de Coulomb** se expresa:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Donde:

q_1 y q_2 valor de la carga 1 y 2

F fuerza eléctrica

d distancia

K Constante de Coulomb (en el S.I. , su valor en el vacío es $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

En otras palabras, dos cargas de 1 C cada una, separadas por una distancia de 1 m, se atraen o repelen con una fuerza de $9 \cdot 10^9$ N, según esas cargas sean de diferente o igual signo.

Como una carga de 1 C resulta muy grande, en general, se utilizan submúltiplos (milicoulomb $\rightarrow 1\text{mC} = 10^{-3}\text{C}$; microcoulomb $\rightarrow 1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$, o bien nanocoulomb $1\text{nC} = 10^{-9}\text{C}$).

*Por otra parte, la constante K depende también de la naturaleza del medio en el que se hallan las cargas. Por ejemplo, en una atmósfera de anhídrido carbónico o dentro de un líquido aislante de la electricidad, la fuerza de atracción o repulsión de dos cargas es menor que en el aire. Por lo tanto, para la definición de la unidad de carga y de la constante electrostática, se debe especificar el medio al cual se refiere. Por convención, se definen para el vacío muchas experiencias revelan que diferencias de acción entre el vacío y el aire son muy pequeñas.

*La fuerza es una **magnitud vectorial**, por lo tanto, además de determinar el módulo se deben determinar la dirección y el sentido.

Dirección: si se trata únicamente de dos cargas, la dirección de la fuerza es colineal a la recta que une ambas cargas.

Sentido: el sentido de la fuerza actúa entre dos cargas es de repulsión si ambas cargas son del mismo signo y de atracción si las cargas son de signo contrario.

Módulo: Depende del valor de las cargas y de la distancia que las separa. Se calcula mediante la fórmula:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Cabe mencionar que para las distancias pequeñas las fuerzas de las cargas eléctricas aumentan, y para las distancias grandes las fuerzas de las cargas eléctricas disminuyen, es decir, se reduce a medida que las cargas se alejan entre sí.

*Las cargas del mismo signo se repelen entre sí, mientras que las de distinto signo se atraen, es decir, la fuerza eléctrica es de repulsión o de atracción

Ejemplo: si se frota una cinta de teflón con un guante, el guante queda con carga positiva y la cinta con carga negativa, por eso al acercarse se atraen. Ahora bien, si frotamos un globo inflado con nuestro cabello el globo se cargará con energía negativa y al acercarlo a la cinta de teflón ambos se repelen porque tienen el mismo tipo de carga.

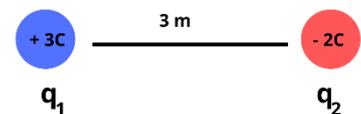
ACTIVIDAD 1:

- Enuncia la ley de Coulomb
- Escribe la fórmula que expresa la ley de Coulomb
- ¿Cuál es el valor de K en el vacío?
- ¿Qué tipo de magnitud es la fuerza? ¿Por qué?
- ¿Qué sucede con las cargas si son de igual signo? ¿y si son de distinto signo?

A continuación, ejemplos de ejercicios donde se debe aplicar la Ley de Coulomb:

Ejemplo 1:

Dos cargas eléctricas de 3C y una de -2C, están separadas a una distancia de 3m. Calcula la fuerza de interacción electrostática que existe entre ambas cargas en el vacío.



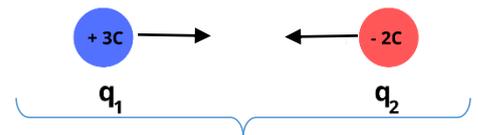
Solución:

*Observa que las cargas son de diferente signo, por lo tanto, la fuerza calculada será de atracción.

*Datos: $q_1 = 3C$ $q_2 = -2C$ $d = 3m$ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ → en el vacío $F = ?$

Se deben reemplazar los datos en la ecuación:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{3C \cdot 2C}{(3m)^2} = \frac{5,4 \cdot 10^{10} N \cdot m^2}{9m^2} = 6 \cdot 10^9 N \rightarrow \text{fuerza de atracción entre las cargas. Se dibujan} \downarrow$$



igual módulo y dirección, sentido contrario

En la calculadora se ingresa la notación científica utilizando la tecla **EXP** o $\times 10^x$ (que se encuentra en la parte inferior de la calculadora)

* Para anotar $9 \cdot 10^9$ se marcan las teclas **9** **EXP** **9** y en el visor de tu calculadora verás 9 E 9



* Para anotar $9 \cdot 10^9$ se marcan las teclas 9 $\times 10^x$ 9 y en el visor de tu calculadora verás 9×10^9

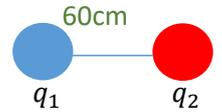


Ejemplo 2:

Averigua la fuerza de interacción entre dos cargas eléctricas de 2 mC y de $2,5 \text{ mC}$ ubicadas en el vacío si están separadas por 60 cm .

Solución:

* Observa que las cargas son de diferente signo, por lo tanto, la fuerza calculada será de atracción



* Datos:

$$q_1 = 2 \text{ mC} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad q_2 = 2,5 \text{ mC} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad d = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

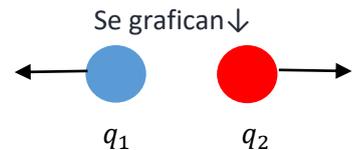
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \rightarrow \text{en el vacío} \quad F = ?$$

Se deben reemplazar los datos en la ecuación:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{(0,6 \text{ m})^2} = \frac{45000 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{0,36 \text{ m}^2} = 125000 \text{ N} \rightarrow \text{fuerza de repulsión entre las cargas.}$$

* Observa que se simplifican unidades

* En la calculadora se ingresan los números en notación científica como en el ejemplo 1.



Ejemplo 3:

¿Cuál es la distancia en el vacío que separa a dos cargas iguales de $2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ y se aplica una fuerza de $9 \cdot 10^3 \text{ N}$?

Solución:

$$\text{Datos: } q_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad q_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad F = 9 \cdot 10^3 \text{ N} \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \rightarrow \text{en el vacío} \quad d = ?$$

Para averiguar la distancia debemos despejar d de la fórmula: $F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ y luego de realizar pasajes de términos:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \rightarrow F \cdot d^2 = k \cdot q_1 \cdot q_2 \rightarrow d^2 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{F} \rightarrow d = \sqrt{k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{F}}$$

Luego reemplazar los datos en la fórmula...

$$d = \sqrt{k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{F}} = \sqrt{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{9 \cdot 10^3 \text{ N}}} = \sqrt{\frac{36000}{9 \cdot 10^3} \text{ m}^2} = \sqrt{4 \text{ m}^2} = 2 \text{ m}$$

* Observa que se simplifican las unidades

* En la calculadora se ingresan los números en notación científica como en el ejemplo 1.

Ejemplo 4:

Una carga de $5 \mu \text{ C}$ ejerce una fuerza a otra carga de $1,08 \text{ N}$ a una distancia de 50 cm , ¿cuál es el valor de la segunda carga?

Solución:

Datos:

$$q_1 = 5 \mu \text{ C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \quad q_2? \quad d = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m} \quad F = 1,08 \text{ N} \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \rightarrow \text{en el vacío}$$

Para averiguar la distancia debemos despejar d de la fórmula: $F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$ y luego de realizar pasajes de términos:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \rightarrow F \cdot d^2 = k \cdot q_1 \cdot q_2 \rightarrow \frac{F \cdot d^2}{k \cdot q_1} = q_2$$

$$q_2 = \frac{F \cdot d^2}{k \cdot q_1} = \frac{1,08 \text{ N} \cdot (0,50 \text{ m})^2}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}} = \frac{1,08 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m}^2}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}} = \frac{0,27}{45000} \text{ C} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

* Observa que se simplifican las unidades

* En la calculadora se ingresan los números en notación científica como en el ejemplo 1.

ACTIVIDAD 2: Resuelve los problemas (revisa lo ejemplos↑ cuando tengas dudas – anota los datos y las incógnitas)

- 1- Determina la fuerza de interacción electrostática entre dos cargas puntuales de $1,2 \cdot 10^{-5} C$ y de $2,5 \cdot 10^{-5} C$, ubicadas en el vacío a $0,2 m$ de distancia una de otra. Grafica.
- 2- Calcular y grafica la fuerza de atracción en el vacío entre dos cargas de $3 mC$ y $-4 mC$ si entre ellas hay una separación de $300 cm$
- 3- ¿Cuál debe ser la separación entre dos cargas iguales de $5 \mu C$ para que la fuerza de repulsión sea $4 N$?
- 4- Una bolita A tiene una carga de $40 \mu C$ y está suspendida a $6 cm$ de otra bolita B que ejerce una fuerza de $500 N$ sobre la carga A. ¿Cuál es la carga de la bolita B?
- 5- Calcular la distancia que separa en el vacío a dos partículas $q_1 = 5 \mu C$ y $q_2 = 4 \mu C$ sabiendo que la fuerza de interacción entre ellas es de $2 N$.
- 6- ¿Cuál es la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales de $4,5 \cdot 10^{-7} C$ y de $3 \cdot 10^{-7} C$, ubicadas en el vacío a $2 m$ de distancia una de otra? ¿Es una fuerza de atracción o repulsión? Representa gráficamente.