

### ELECTROSTÁTICA – CARGA ELÉCTRICA

#### Introducción

Tales de Mileto, uno de los más destacados sabios griegos, observó que al frotar con una piel de animal un trozo de ámbar, era capaz de atraer objetos livianos como plumas pequeñas o astillas de madera. Recién alrededor del año 1600 se realizaron experimentos sobre este tipo de interacciones, destacándose los trabajos de William Gilbert quien fue el primero en utilizar el término “electricidad”, que proviene de “elektron”, que significa ámbar en griego. Entre otras cosas, Gilbert observó que la propiedad de atraer pequeños objetos no era exclusiva del ámbar y que otras sustancias podían electrizarse de la misma forma. Posteriormente, el francés Charles Dufay en 1733 describe que existen dos tipos de “electricidad”, a las que luego Benjamín Franklin denominaría “electricidad positiva” y “electricidad negativa”. Actualmente denominamos carga positiva y negativa.

#### ¿Dónde se encuentran las cargas eléctricas?

Se encuentran en toda la materia, formando parte de sus átomos. Los átomos están formados por partículas subatómicas:

- **Protón:** Tiene carga positiva y se encuentra en el núcleo.
- **Neutrón:** No tiene carga eléctrica y se encuentra en el núcleo.
- **Electrón:** Tiene carga negativa y se encuentra en orbital atómico.

Si un átomo tiene igual número de protones que electrones su carga neta es cero. Un átomo que perdió electrones, queda con carga neta positiva y recibe el nombre de catión. Un átomo que ganó electrones, queda con carga neta negativa y recibe el nombre de anión.

#### Propiedades de la carga eléctrica

- **Simetría:** Existen dos tipos de carga eléctrica, positiva y negativa. La carga eléctrica del electrón es igual y opuesta a la carga del protón.
- **Cuantización:** Una magnitud está cuantizada cuando sus valores no son continuos y solo puede tomar valores determinados. La carga eléctrica se encuentra distribuida en “paquetes” elementales de carga. Cada uno de estos “paquetes” posee un valor de  $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ .
- **Conservación:** Decimos que una magnitud se conserva si en determinadas condiciones su valor permanece constante. La carga eléctrica neta de un sistema cerrado se mantiene constante.

#### Unidades:

La carga eléctrica se simboliza con la letra “q”. Su unidad en el S.I se denomina Coulomb, su símbolo es C y equivale a la carga de  $6,25 \times 10^{18}$  electrones.

$$q_{\text{electrón}} = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ C} = 6,25 \times 10^{18} \times q_{\text{electrón}}$$

#### Ley de Coulomb

Cuando acercamos dos objetos cargados estos interactúan ejerciéndose fuerzas de origen eléctrico. Si las cargas eléctricas son de igual signo, las fuerzas eléctricas son de repulsión. Por el contrario si las cargas eléctricas son de signo opuesto, las fuerzas eléctricas son de atracción. A partir de estudios experimentales, Coulomb determinó que el módulo del par de fuerzas eléctricas entre dos cargas puntuales depende principalmente de dos factores: los valores de sus cargas y la distancia entre ellas. ***Dos cargas puntuales  $q_1$  y  $q_2$  separadas una distancia  $d$  interactúan con un par de fuerzas eléctricas, cuyo módulo se calcula:***

$$\vec{F}_e = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

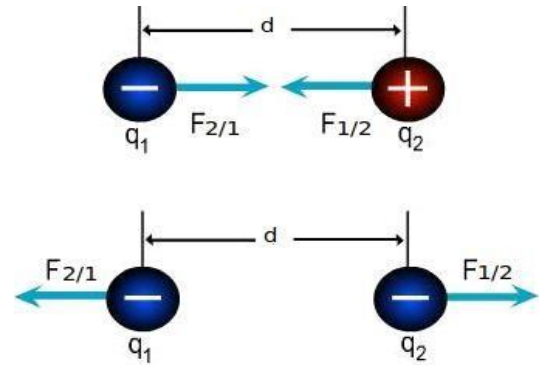
K = constante de Coulomb.

En el vacío, su valor es  $9,0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

$\vec{F}_e$  = fuerza eléctrica expresada en Newton [N]

$q_1, q_2$  = cargas eléctricas expresadas en Coulomb [C]

d = distancia entre cargas expresada en metros [m]



En dicha expresión se observa que la fuerza eléctrica es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

### Actividad

Dos cargas eléctricas  $q_1=2,0 \times 10^{-6} \text{ C}$  y  $q_2=-4,0 \times 10^{-6} \text{ C}$  se encuentran separadas una distancia de 30cm.

¿Qué tipo de fuerza eléctrica se ejercen dichas cargas eléctricas?

Se ejercen una fuerza eléctrica de atracción debido a que poseen signos opuestos,  $q_1$  tiene carga positiva mientras que la  $q_2$  tiene carga negativa. Dichas fuerzas se representan una apuntando hacia la otra tal como vimos anteriormente.

¿Cuál es el valor de la fuerza que se ejercen? Para averiguarlo aplicamos la:

Ley de coulomb:

$$\vec{F}_e = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2} = \frac{9,0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,3\text{m})^2} = 0.8\text{N}$$

### ACTIVIDAD GRUPAL. Máximo 4 integrantes

- Buscar métodos de transferencia de cargas. (Cargas por fricción, inducción y contacto).
- Buscar información sobre Benjamín Franklin y su obra científica.

**La actividad debe realizarse por computadora y presentar una copia por grupo.**

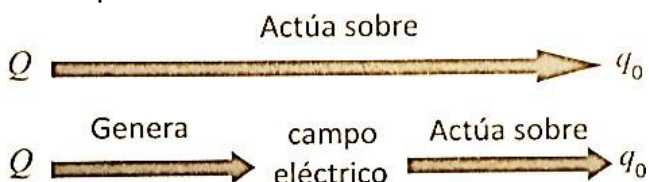
### Campo Eléctrico

La interacción entre dos tipos de carga, es una interacción a distancia ya que ocurre sin contacto directo entre ellas. Esta peculiaridad genera algunas interrogantes: ¿De qué manera se “transmite” la información que le indica a uno de los cuerpos cargados que debe ser atraído o repelido por el otro?

Imaginemos dos cuerpos interactuando. Si uno de ellos se descarga, ¿cómo se entera el otro?

¿Lo hace instantáneamente?

Para responder estas interrogantes los científicos concibieron la interacción entre cuerpos cargados, incluyendo una nueva entidad que oficia de intermediario entre ellos, llamada campo eléctrico.

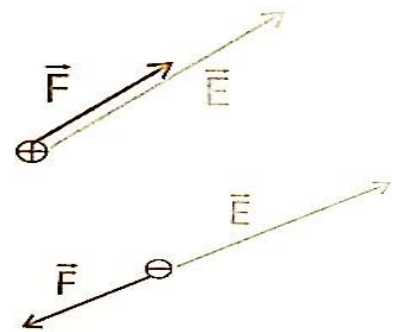


Podemos aplicar el concepto de campo para responder las interrogantes planteadas sobre la acción a distancia entre cuerpos cargados eléctricamente. Imaginemos ahora dos partículas cargadas  $Q$  y  $q_0$  interactuando. Si mantenemos nuestro concepto de acción a distancia, decimos que  $Q$  ejerce una fuerza sobre  $q_0$ . En cambio, podemos incluir la noción de un intermediario, llamado campo eléctrico, de forma tal que  $Q$  genera un campo eléctrico a su alrededor y es este "intermediario" quien actúa  $q_0$ . La fuerza eléctrica ejercida sobre  $q_0$  surge entonces de la acción de una propiedad local en el lugar del espacio donde se encuentra.

Para verificar la presencia de un campo eléctrico en un lugar del espacio, colocamos allí una partícula cargada  $q_0$ . Si sobre ésta actúa una fuerza de origen eléctrico, diremos que en ese lugar existe un campo eléctrico. A  $q_0$  la llamaremos carga de prueba, ya que a partir de ella probaremos la existencia de un campo eléctrico. La existencia del campo eléctrico no depende de la presencia de la carga de prueba, la cual solamente oficia de "testigo" del campo eléctrico.

El campo eléctrico es el cociente entre la fuerza de origen eléctrico que actúa sobre la carga de prueba y el valor de dicha carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$



Por ser el cociente entre la fuerza y la carga, la unidad de campo eléctrico en el S.I es de N/C.

El campo eléctrico es una magnitud vectorial. La dirección y el sentido del campo eléctrico son iguales a la fuerza eléctrica que actúa sobre la carga de prueba si es positiva, si la carga de prueba es negativa la fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre ella tiene sentido contrario al campo eléctrico

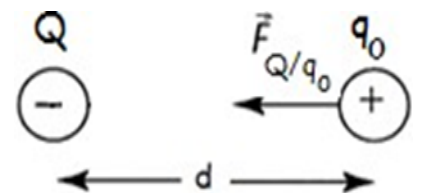
### Campo eléctrico generado por una carga puntual Q

Sean  $Q$  y  $q_0$  dos cargas, sabemos que en el punto donde se encuentra  $q_0$  el campo

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \text{ sea } \vec{F} = \frac{K \cdot Q \cdot q_0}{d^2} \text{ entonces sustituyendo, obtenemos que: } E = \frac{K \cdot Q}{d^2}$$

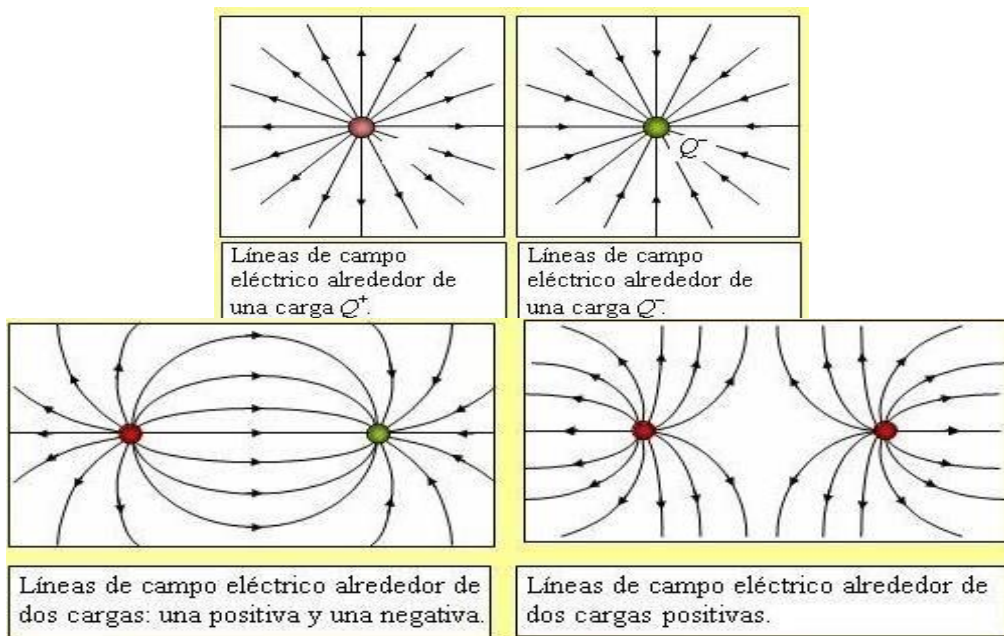
$E$  = campo eléctrico expresado en Newton/Coulomb [N/C]  
 $K$  = constante de Coulomb. En el vacío, su valor es  $9,0 \times 10^9$  [N.m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>]

$Q$  = carga eléctrica que genera el campo eléctrico expresada en Coulomb [C]  $d$  = distancia expresada en metros [m]



### Líneas de campo eléctrico

Las líneas de campo eléctrico son líneas imaginarias que se utilizan para representar el campo eléctrico en una zona del espacio. Estas líneas se dibujan de forma que el vector campo eléctrico sea tangente a dicha línea. En las zonas donde las líneas están más juntas el módulo del campo eléctrico es mayor. En las siguientes figuras vemos trazadas las líneas de campo para diferentes distribuciones de carga.



(Vachetta, Bonda, Suárez, 2016)

Como ya habrás notado, en esta parte del curso utilizaremos valores “muy pequeños” como los valores de las cargas eléctricas, o de lo contrario, valores “muy grandes” como los campos eléctricos o la cantidad de electrones que se transfieren en la electrización. Por lo tanto, es importante que tengas presente la tabla de prefijos que se muestra a continuación.

|              | Prefijo | Símbolo | Factor     | Equivalente          |
|--------------|---------|---------|------------|----------------------|
| Múltiplos    | Exa     | E       | $10^{18}$  | 1000000000000000000  |
|              | Peta    | P       | $10^{15}$  | 1000000000000000     |
|              | Tera    | T       | $10^{12}$  | 1000000000000        |
|              | Giga    | G       | $10^9$     | 1000000000           |
|              | Mega    | M       | $10^6$     | 1000000              |
|              | Kilo    | k       | $10^3$     | 1000                 |
|              | Hecto   | h       | $10^2$     | 100                  |
|              | Deca    | da      | $10^1$     | 10                   |
| Submúltiplos | Deci    | d       | $10^{-1}$  | 0.1                  |
|              | Centi   | c       | $10^{-2}$  | 0.01                 |
|              | Mili    | m       | $10^{-3}$  | 0.001                |
|              | Micro   | $\mu$   | $10^{-6}$  | 0.000001             |
|              | Nano    | n       | $10^{-9}$  | 0.000000001          |
|              | Pico    | p       | $10^{-12}$ | 0.000000000001       |
|              | Femto   | f       | $10^{-15}$ | 0.000000000000001    |
|              | Atto    | a       | $10^{-18}$ | 0.000000000000000001 |

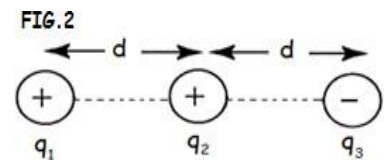
### Problemas

- Determine y represente en un esquema las fuerzas eléctricas que se ejercen dos cargas  $q_1 = 2,0 \times 10^{-8}C$  y  $q_2 = -3,0 \times 10^{-8}C$  si la distancia entre ellas es de 6,0cm.
- Determine y represente en un esquema las fuerzas eléctricas que se ejercen dos cargas  $q_1 = 3,0\mu C$  y  $q_2 = 4,0\mu C$  si la distancia entre ellas es de 400mm.
- El módulo de la fuerza de interacción eléctrica entre dos cargas es de 0,45N. Si una de esas cargas es de  $4,0\mu C$  y la distancia entre ellas es de 40cm.  
¿Cuál es el valor y signo de la carga  $q_2$ ?

4- ¿A qué distancia se deben colocar dos cargas cuyos valores son  $q_1 = 6,0\mu\text{C}$  y  $q_2 = 4,0\mu\text{C}$  para que se ejerzan fuerzas eléctricas cuyo módulo es  $5,4\text{N}$ ?

5- Dos cargas iguales al estar separadas  $10\text{ cm}$  se realizan fuerzas eléctricas de módulo  $8,1 \times 10^{-6}\text{N}$ . ¿Cuál es el valor de cada carga?

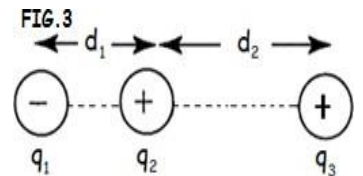
6- Determine la fuerza eléctrica neta que actúa sobre la carga  $q_2$  en la distribución de cargas de la figura 2. Datos:  $d = 10\text{ cm}$ ,  $q_1 = 2,0\mu\text{C}$ ,  $q_2 = 3,0\mu\text{C}$ ,  $q_3 = -4,0\mu\text{C}$



7- Determine la fuerza eléctrica neta que actúa sobre las cargas  $q_1$  y  $q_3$ , utilizando los mismos datos del ejercicio 6

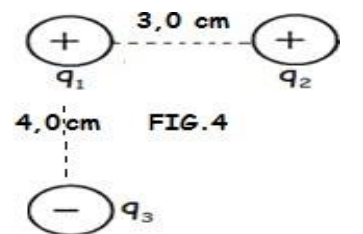
8- Considerando la distribución de cargas de la figura 3, determine el valor de  $q_2$  para que la fuerza neta sobre  $q_3$  sea nula.

Datos:  $d_1 = 10\text{cm}$ ,  $d_2 = 20\text{cm}$ ,  $q_1 = -3,0\mu\text{C}$ ,  $q_3 = 1,0\mu\text{C}$



9- Considerando la distribución de cargas de la figura 4. Determine la fuerza neta que actúa sobre la carga 1.

Datos:  $q_1 = 6,0\mu\text{C}$ ,  $q_2 = 1,5\mu\text{C}$ ,  $q_3 = -3,0\mu\text{C}$ .



C



B

10- Calcule y represente el campo eléctrico creado por  $q = -3,0 \times 10^{-12}\text{C}$  en los puntos A, B y C en la figura 5. Datos:  $d_C = d_B = 3,0\text{cm}$ ,  $d_A = 2,0\text{ cm}$ .

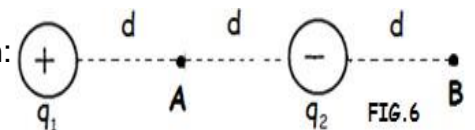
A

FIG. 5

11- ¿Cuál es el valor de una carga que genera a  $10\text{cm}$  de ella un campo eléctrico de módulo  $8,0 \times 10^{-2}\text{N/C}$ ?

12- ¿A qué distancia de una carga  $q = 5,0\mu\text{C}$  el campo eléctrico generado por ella es de  $5,0 \times 10^3\text{N/C}$ ?

13- En la distribución de cargas de la figura 6, cuyos datos son:  $d = 10\text{ cm}$ ,  $q_1 = 3,0\text{nC}$ ,  $q_2 = -3,0\text{nC}$

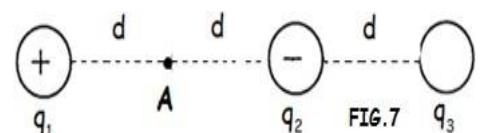


a. Calcule y represente el campo eléctrico resultante en el punto A.

b. Calcule y represente el campo eléctrico resultante en el punto B.

14- Determine el valor de  $q_3$  para que el campo eléctrico resultante en el punto A de la figura 7 sea nulo.

Datos:  $d = 10\text{cm}$ ,  $q_1 = 4,0\text{nC}$ ,  $q_2 = 8,0\text{nC}$ .



## Bibliografía

Egaña, Berruti, González. (2014). *Interacciones. Campos y ondas*. Montevideo: Contexto.

Vachetta, Bonda, Suárez. (2016). *Electromagnetismo. Cuántica y relatividad*. Montevideo: El mendrugo.