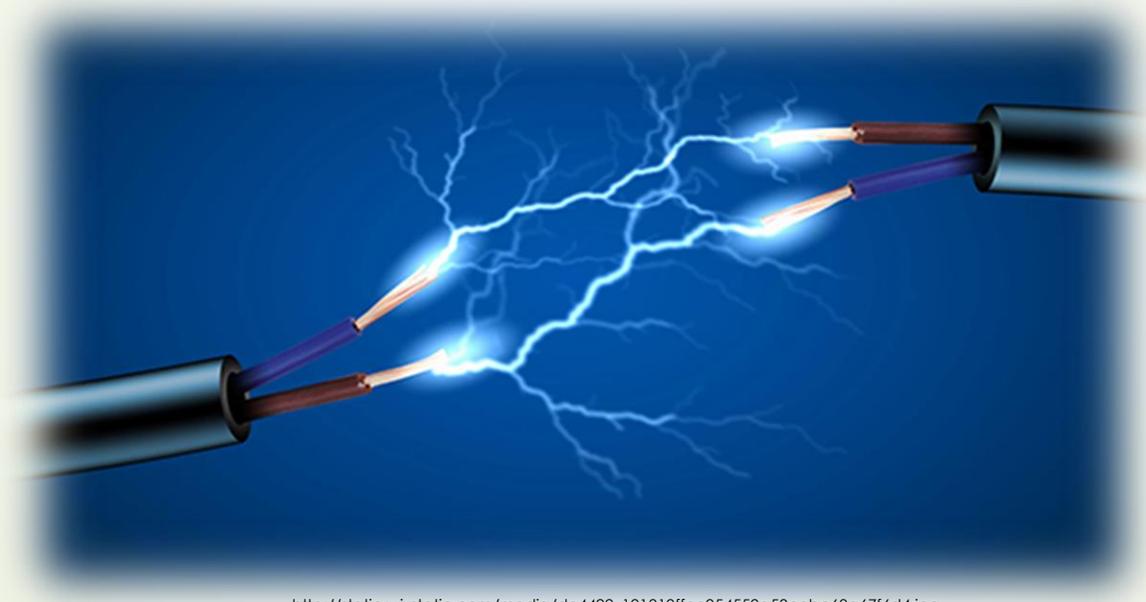


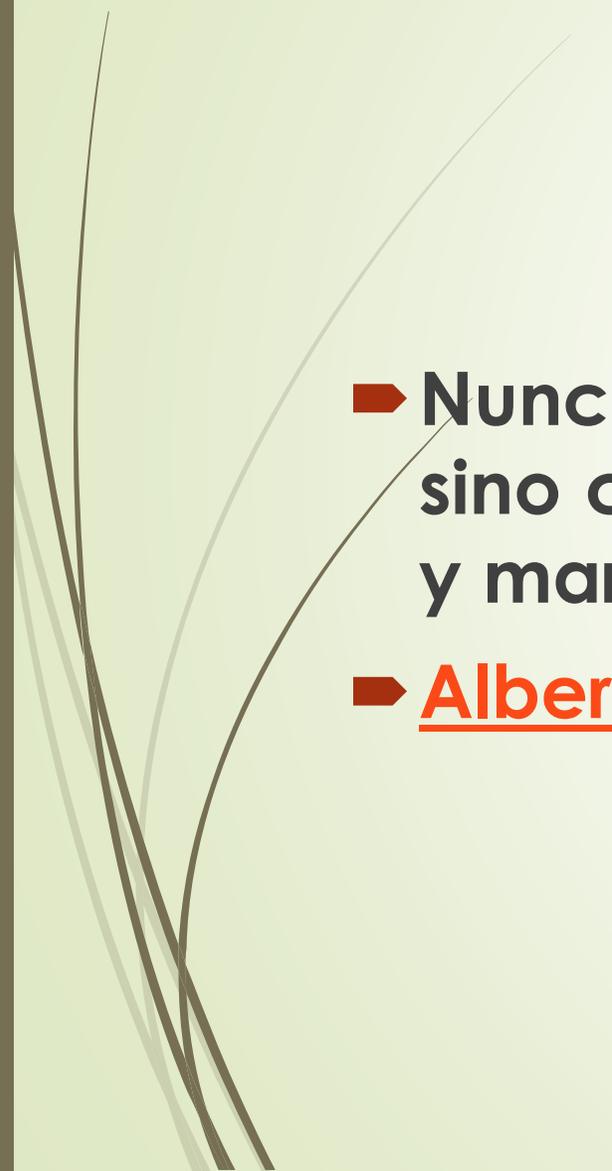
# Conceptos eléctricos

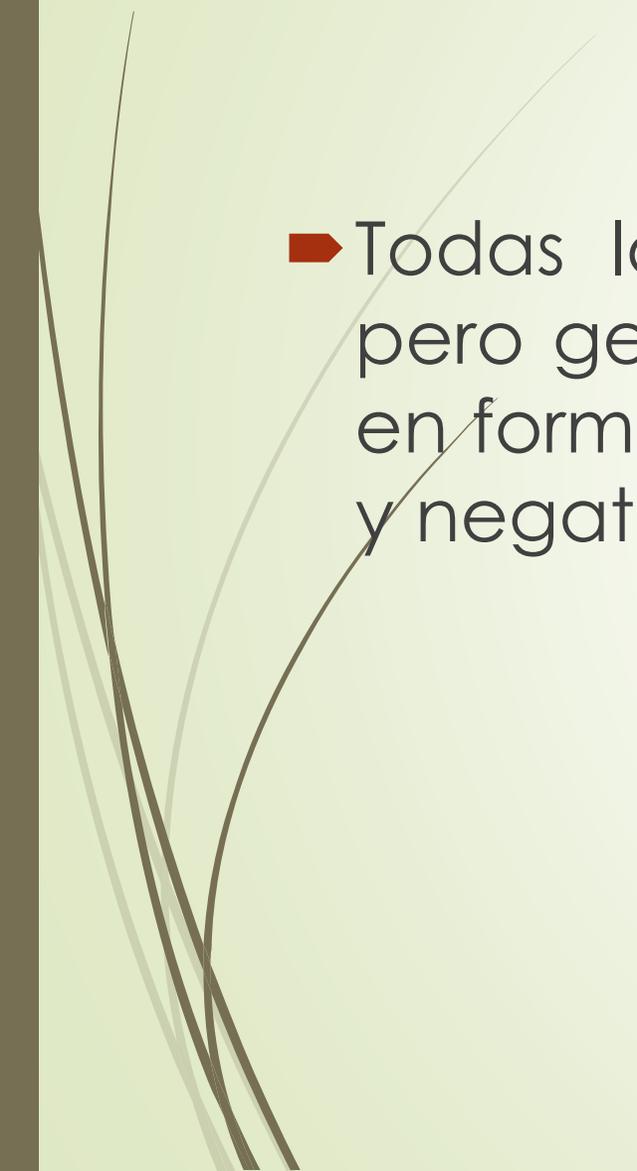
# Conceptos eléctricos



[http://static.wixstatic.com/media/de4422\\_191819ffcc954559a53cebc68a67f6d4.jpg](http://static.wixstatic.com/media/de4422_191819ffcc954559a53cebc68a67f6d4.jpg)

HYPERPHISIC

- 
- 
- **Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber".**
  - **Albert Einstein (1879-1955)**

- 
- 
- Todas las **sustancias** están formadas por **cargas**, pero generalmente esas sustancias las observamos en forma **neutra** con un equilibrio de carga positiva y negativa.

## Carga eléctrica: + -

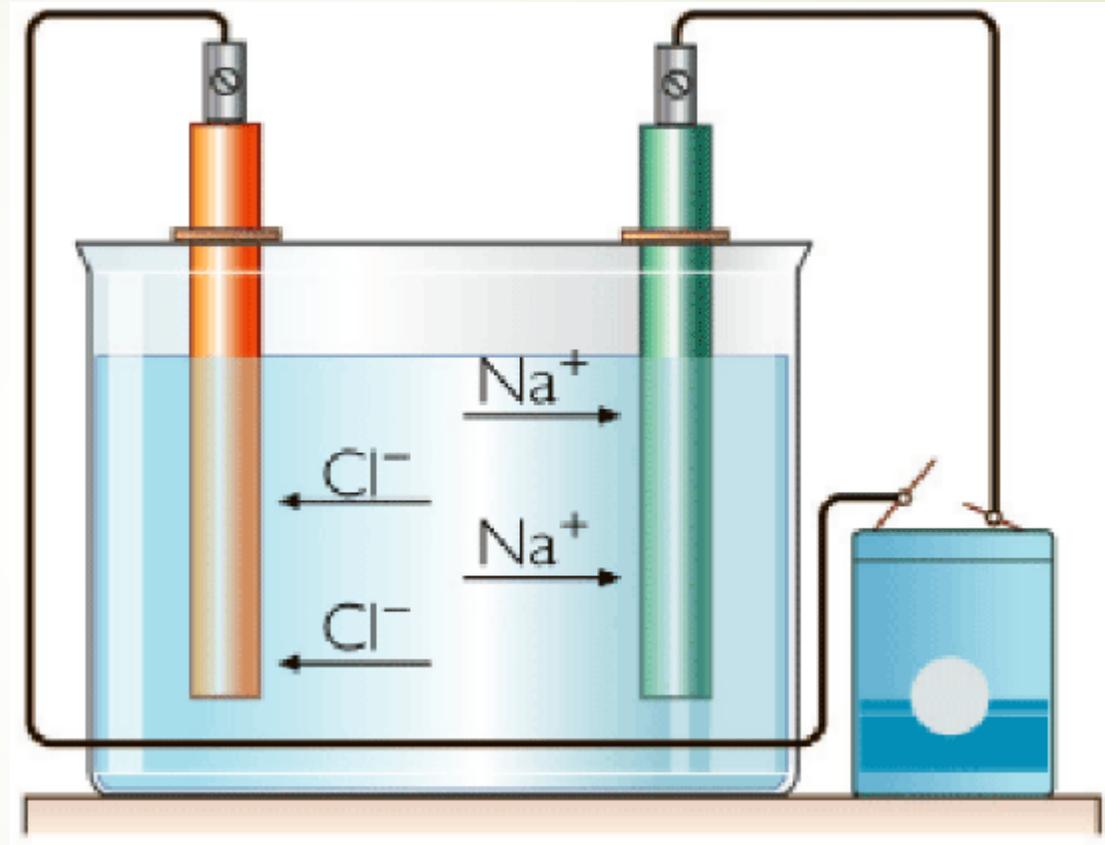
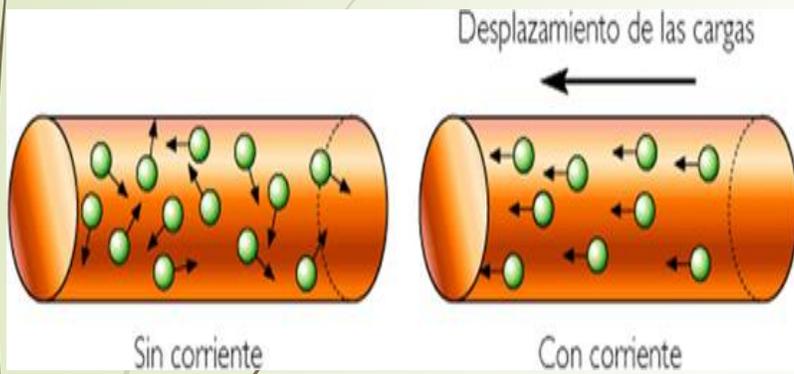
- El **origen de los fenómenos** electromagnéticos es la carga eléctrica: una propiedad de las partículas subatómicas e iones que los hace atraer (si tienen signos opuestos) o repeler (si tienen signos iguales).

- 
- Un **coulomb (C)** es la carga de  **$6.24 \times 10^{18}$**  electrones.
  - La carga de un electrón es una carga negativa de  **$1.6021 \times 10^{-19}$**  (C).



Las influencias de las cargas están caracterizadas en función de las fuerzas entre ellas ([ley de Coulomb](#)), y el campo eléctrico y el voltaje producidos por ellas. Un Culombio de carga es la carga que fluiría a través de una lámpara de 120 vatios (120 voltios de AC) en un segundo. ¡Dos cargas de un Culombio cada una, separada por una distancia de un metro, se repelerán entre ellas con una [fuerza](#) de alrededor de 1 millón de toneladas!

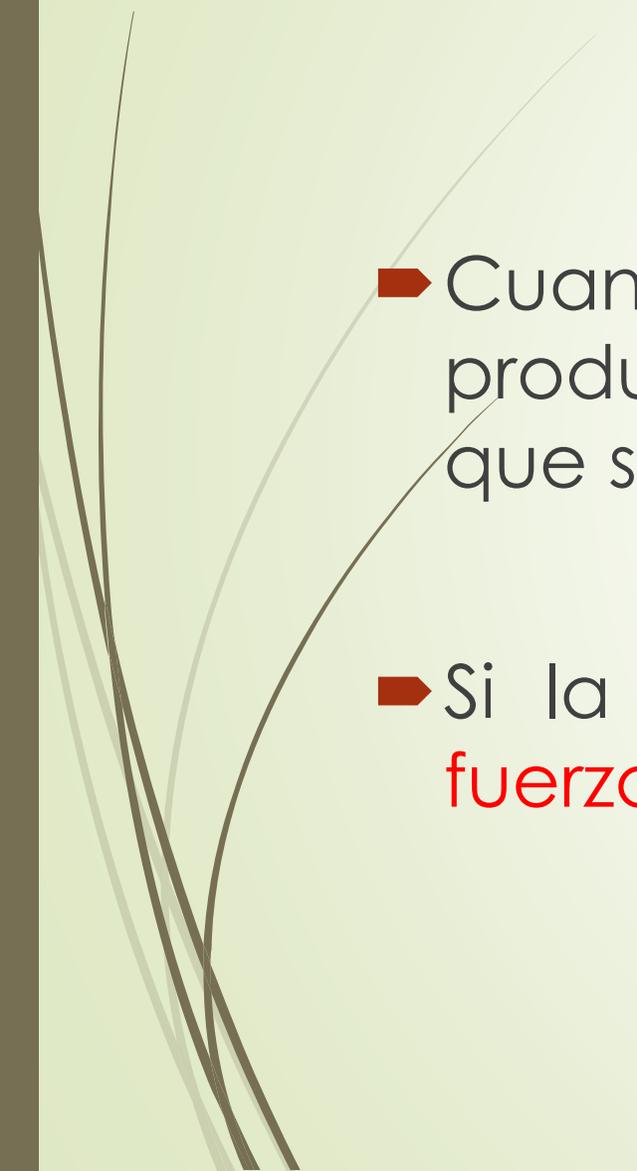
La tasa de flujo de la corriente eléctrica se llama [intensidad de corriente](#) y se mide en Amperios.

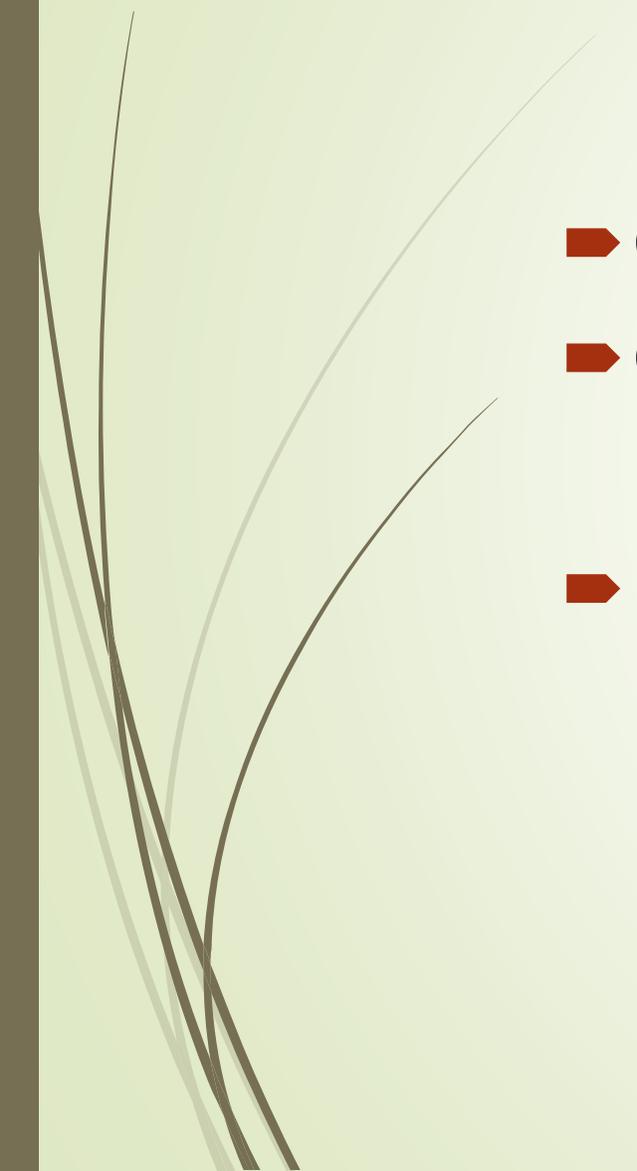


<http://lafisicaparatodos.wikispaces.com/file/view/fisi.png/166199837/489x412/fisi.png>

Figura 1. Dos Tipos de carga muy comunes: movimiento de  $e^-$  y movimiento de iones.

- 
- Básicamente, la **electricidad** es un fenómeno físico originado por la **interacción de cargas** eléctricas estáticas o en movimiento.

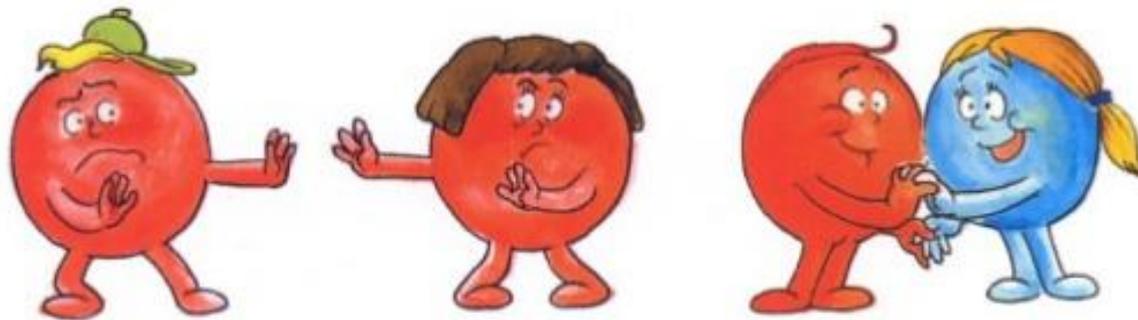
- 
- 
- Cuando una **carga eléctrica** está **estática** produce **fuerzas eléctricas** sobre otras cargas que se encuentren cerca.
  - Si la **carga se mueve** se generan además **fuerzas magnéticas**.

- 
- 
- Cargas del mismo signo se repelen.
  - Cargas de signo contrario se atraen-
  - Lo que indica que dos cargas eléctricas producen fuerzas.

# FUERZA ELECTRICA

Los objetos cargados eléctricamente interactúan mediante la fuerza eléctrica.

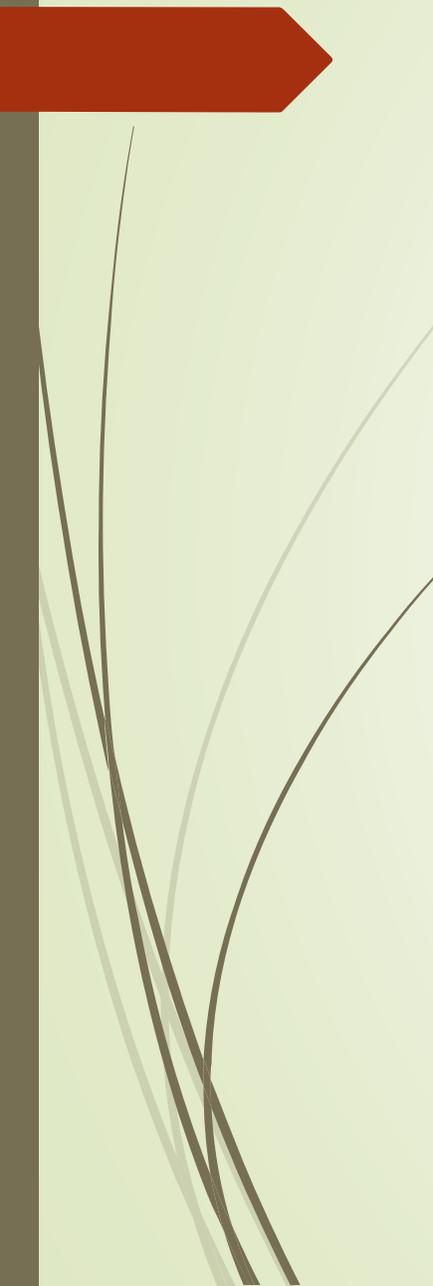
Estas fuerzas eléctricas son de atracción, cuando los cuerpos tienen carga de distinto signo y, de repulsión cuando la carga de los cuerpos son del mismo signo.



Las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las de distinto signo se atraen.

<http://image.slidesharecdn.com/cargaseletricasenreposito-130716160351-phpapp02/95/cargas-electricas-en-reposito-9-638.jpg?cb=1373990803>

Figura 2. cargas eléctricas del mismo signo se atraen, signo opuesto se repelen.

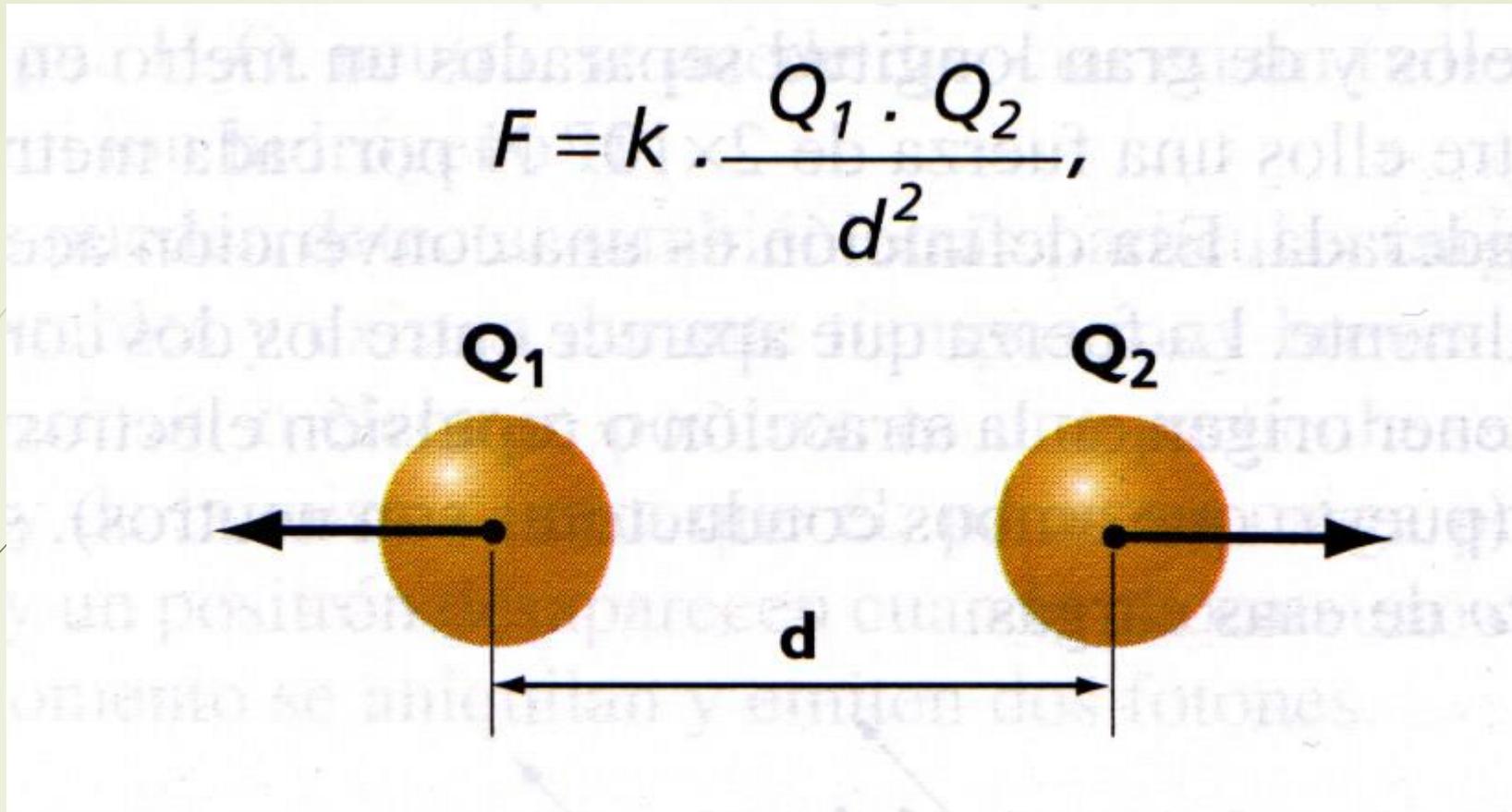
A red arrow points to the right at the top left. Below it, several thin, curved lines in shades of green and grey sweep across the left side of the page.

El protón tiene una masa 1.836 veces mayor que la masa del electrón, pero una carga exactamente de igual tamaño al electrón, solo que es positiva en vez de negativa. Incluso los términos "positivo" y "negativo", son arbitrarios aunque bien arraigados términos históricos. El comportamiento esencial es que el protón y el electrón se atraen fuertemente; el histórico arquetipo de "los polos opuestos se atraen". Dos protones o dos electrones se repelerán fuertemente entre sí. Una vez que Ud. haya establecido esas ideas básicas de la electricidad de "cargas iguales se repelen, cargas opuestas se atraen", ya tiene el fundamento para la electricidad y puede ampliarse a partir de ahí.



A partir de la precisa neutralidad de la materia ordinaria, así como de detallados experimentos microscópicos, sabemos que el protón y el electrón tiene la misma magnitud de carga. Todas las cargas observadas en la Naturaleza, son múltiplos de estas cargas fundamentales. Aunque el modelo estándar del [protón](#), se representa construido por partículas de carga fraccionaria llamadas [quarks](#), esas cargas fraccionarias no han sido observadas aisladamente, sino siempre en combinaciones que producen +/- la carga del electrón.

- 
- 
- La **fuerza eléctrica entre cargas** se llama fuerza de Coulomb.
  - Es directamente proporcional a las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas.



<http://html.rincondelvago.com/000263530.jpg>

Figura 3. La fuerza entre dos cargas.

- 
- 
- $F$  representa la fuerza,  $q$  la carga,  $d$  la distancia y  $k$  una constante.

- 
- 
- Es decir, al aumentar una carga, 2, 3, 4, etc., veces en el mismo lugar, la fuerza aumenta 2, 3, 4, etc., veces.
  - Al incrementar la distancia entre las cargas 2, 3, 4, etc. veces, la fuerza disminuye de tamaño a  $1/4$ ,  $1/9$ ,  $1/16$ , etc. de su valor original.

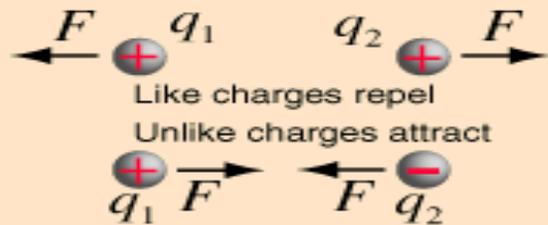
**LINC INTERESANTE**

- 
- Se aplica a cargas puntuales; es decir, a cargas cuyos tamaños son despreciables frente a la distancia que las separa.
  - Hay que tener presente que la fuerza eléctrica (como toda fuerza) es una **magnitud vectorial**, razón por la cual hay que sumarlas como tales.

# Ley de Coulomb

**Cargas iguales se repelen, cargas diferentes se atraen.**

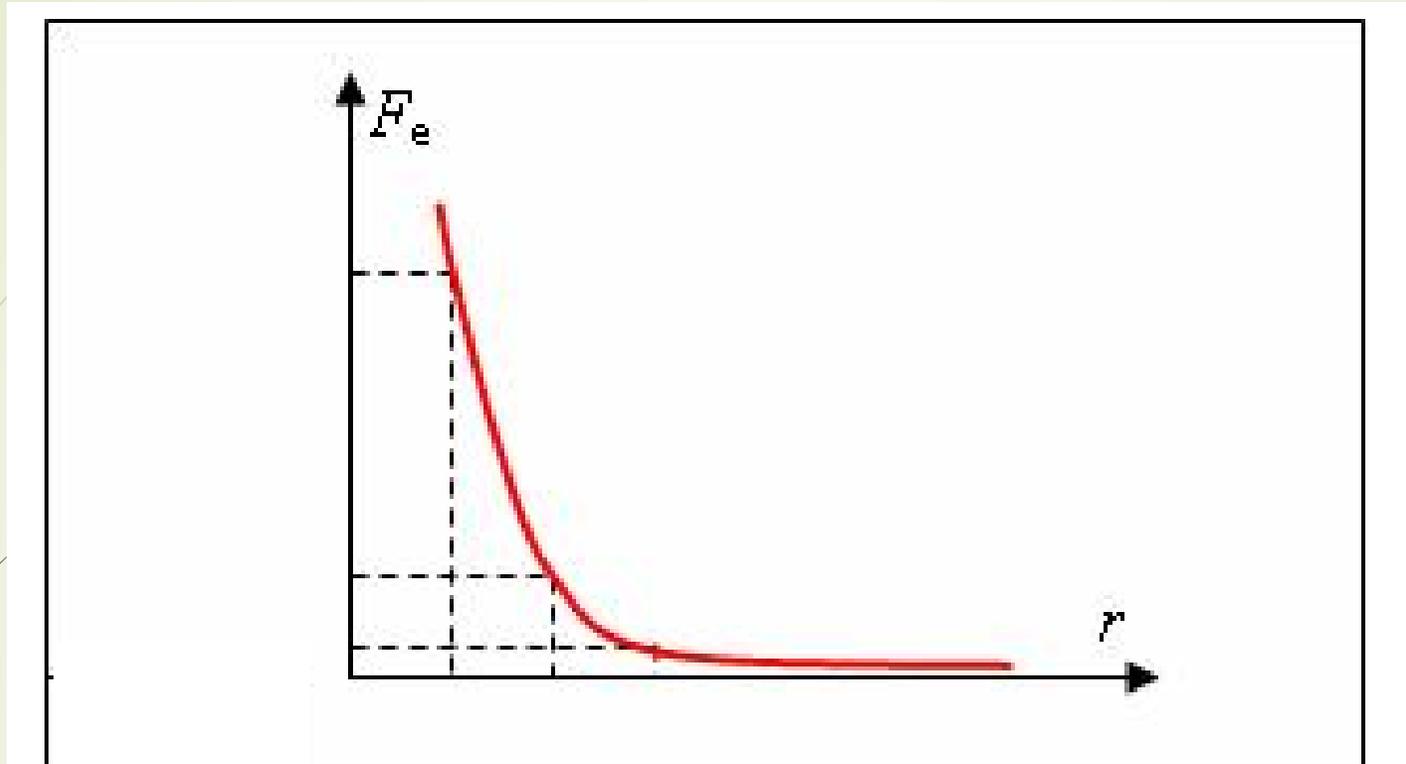
La fuerza eléctrica que actúa sobre una carga puntual  $q_1$  como resultado de la presencia de una segunda carga puntual  $q_2$  esta dada por la ley de Coulomb:


$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{Coulomb's Law}$$

donde  $\epsilon_0 =$  permitividad del vacío

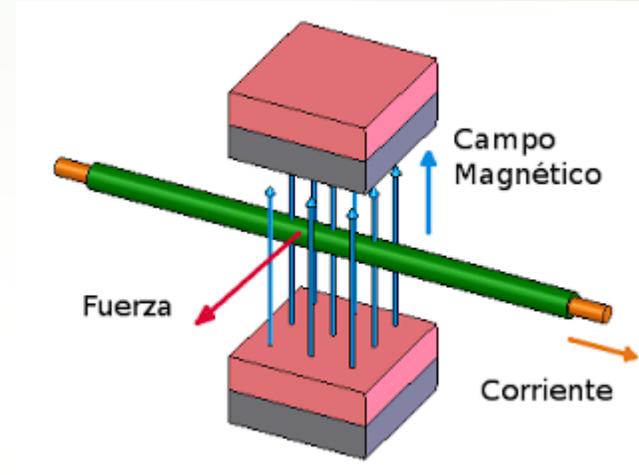
Note que esto satisface la tercera ley de Newton porque implica que sobre  $q_2$ , actúa exactamente la misma magnitud de la fuerza. La ley de Coulomb es una ecuación vectorial e incluye el hecho de que la fuerza actúa a lo largo de la línea de unión de las cargas. Cargas iguales se repelen y cargas distintas se atraen. La ley de Coulomb describe una fuerza de alcance infinito que obedece la ley del inverso del cuadrado, y es de la misma forma que la ley de la fuerza de la gravedad.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 = \text{Coulomb's constant}$$



► <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133188>

Figura 4. La fuerza eléctrica disminuye al aumentar la distancia entre las cargas.



<http://1.bp.blogspot.com/-qjMS2b3WS2g/UhlUI1xBk9I/AAAAAAAAADxc/xgwNgf0dYTU/s1600/lhand.png>

*Figura 5. Cuando una corriente eléctrica fluye en un conductor que está inmerso en un campo magnético, el conductor experimenta una fuerza. Esta fuerza se conoce como Fuerza de Lorentz.*

Una carga punto  $q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  se coloca a 12 cm de una segunda carga punto  $q_2 = -1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ . Calcular la magnitud dirección y sentido de la fuerza que obra sobre cada carga.

Para calcular la magnitud utilizaremos la ley de Coulomb.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,12)^2 \text{ m}^2} = 2,8 \text{ N}$$

Como los signos de las cargas son distintos la fuerza será de atracción y la dirección será la recta que une ambas cargas.



iguales

Dos pequeñas esferas de plástico tienen cargas positiva. Cuando están separadas 30 cm la fuerza de repulsión es de  $F = 0,15 \text{ N}$ . diga: a) ¿cuál es la carga de cada esfera? y b) ¿cuál sería la carga de cada una si una de las esferas tiene tres veces la carga de la otra?

$$a) \quad F = K \frac{q^2}{r^2} \quad q = \sqrt{\frac{F r^2}{K}} = 1,22 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$b) \quad q_1 = 3q_2 \quad F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = K \frac{3q_2^2}{r^2} \quad q_2 = \sqrt{\frac{F r^2}{3K}} = 7,0 \cdot 10^{-7} \text{ C} \quad q_1 = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

1. Una carga de  $-5 \times 10^{-7} \text{ C}$  esta situada a 20cm delante de otra carga de  $-5 \times 10^{-7} \text{ C}$ . Calcular la fuerza en newton ejercida por una carga sobre la otra.

**Datos:**

$$Q = -5 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$R = 20 \text{ cm}$$

$$q = -5 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$F = ?$$

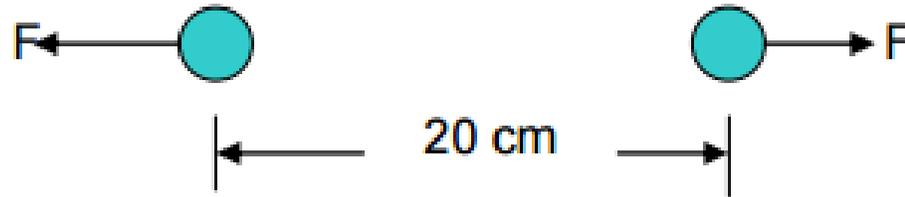
$$K = 9 \times 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$$

**Fórmula:**

$$F = K \frac{q q^1}{r^2}$$

**- Desarrollo:**

-



$$F = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \left[ \frac{(5 \times 10^{-7})(5 \times 10^{-7})}{0.04 \text{m}^2} \right]$$

$$\text{R. } F = 0.056 \text{ N}$$

2. Cuál debe ser la separación entre dos cargas de  $-4\mu\text{C}$ , si la fuerza de repulsión entre ellas es de 20 N?

**Datos:**

$$q = 4\mu\text{C}$$

$$q = 4\mu\text{C}$$

$$F = 20 \text{ N}$$

**Fórmula:**

$$F = K \frac{q q'}{r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{kqq'}{F}}$$

**Desarrollo:**

$$r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2 [(4 \times 10^{-6}) (4 \times 10^{-6})]}{20 \text{ N}}}$$

$$\text{R. } r = 0.0849 \text{ m}$$

3. Una carga  $q_1$  de  $+60 \mu\text{C}$  se coloca a  $60 \text{ mm}$  a la izquierda de una carga  $q_2$  de  $+20 \mu\text{C}$ . Como se muestra en la figura ¿Cuál es la fuerza resultante sobre una carga  $q_3$  de  $-35 \mu\text{C}$  colocada en el punto medio de las dos?

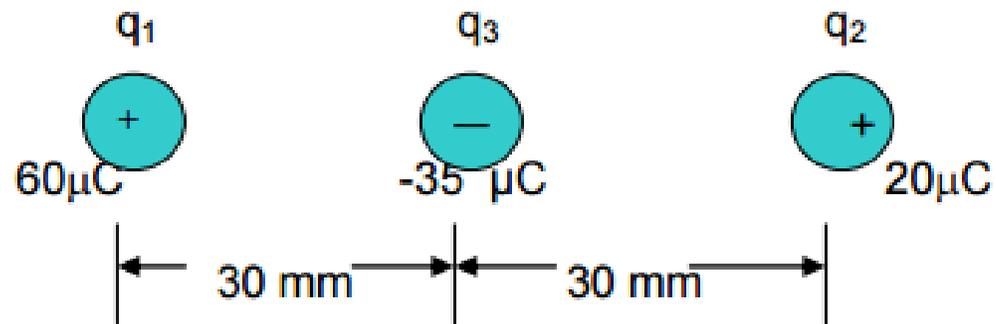
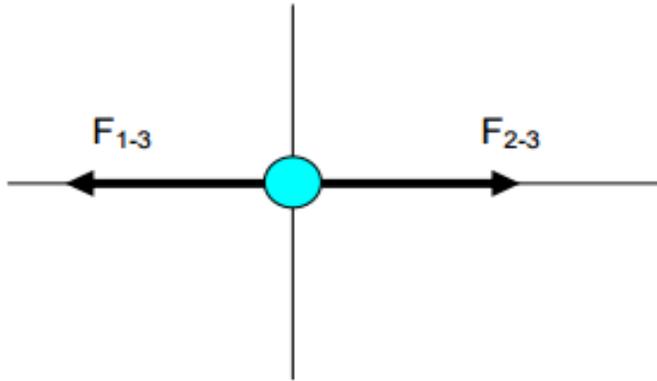


Diagrama de cuerpo libre ( diagrama vectorial de fuerzas ):

$$\sum F_x = F_{23} - F_{13}$$



**Datos:**

$$q_1 = +60 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_3 = -35 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = +20 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 60 \text{ mm} = 0.06 \text{ m}$$

**Fórmula:**

$$F_{13} = K \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$F_{32} = K \frac{q_3 q_2}{r^2}$$

**Desarrollo:**

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \left[ \frac{(60 \times 10^{-6})(35 \times 10^{-6})}{(0.03 \text{ m})^2} \right] = 21000 \text{ N}$$

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \left[ \frac{(35 \times 10^{-6})(20 \times 10^{-6})}{(0.03 \text{ m})^2} \right] = 7000 \text{ N}$$

$$F_R = F_{23} - F_{13}$$

$$F_R = 7000 \text{ N} - 21000 \text{ N}$$

$$F_R = -14000 \text{ N}$$

4. Se tienen 2 pequeñas esferas separadas 2 cm. Cada una, está cargada en forma positiva con 0.2 microcoulombs ( $\mu\text{C}$ ). Calcular la fuerza de repulsión entre ellas.

**Datos:**

$$q = 0.2 \mu\text{C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q = 0.2 \mu\text{C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$
$$r = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

**Fórmula:**

$$F = K \frac{q q}{r^2}$$

**Desarrollo:**

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \left[ \frac{(0.20 \times 10^{-6})(0.20 \times 10^{-6})}{0.02 \text{m}^2} \right]$$

$$\text{R. } F = 0.9 \text{ N}$$

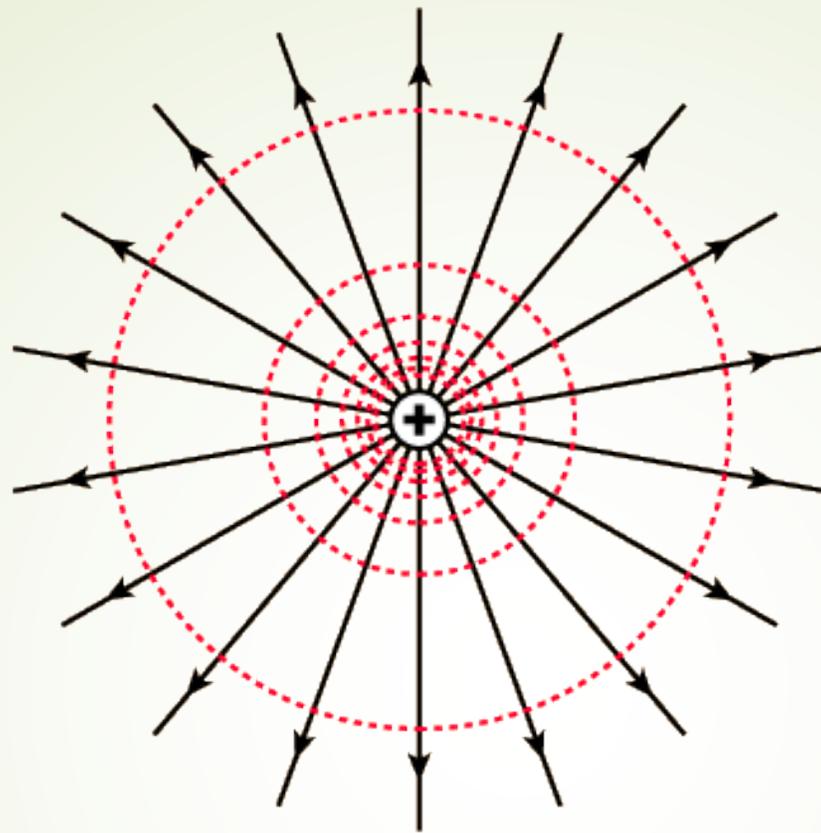
- 
- Si encontramos una **carga desconocida**, para conocer su tipo de carga le acercamos una **carga positiva**.
  - Si se aleja la carga desconocida de la carga positiva es porque se trata de una carga positiva.
  - Si la carga (antes desconocida) es atraída por la carga positiva sabremos en ese momento que es negativa.

- 
- 
- Si una partícula no se aleja ni se acerca de una carga positiva, entonces no es una carga sino una **partícula neutra**.

# Monopolo

Una simple carga eléctrica aislada se llama "monopolo eléctrico". Dos cargas iguales, una positiva y otra negativa, colocadas cerca una de la otra, constituye un dipolo eléctrico. Dos dipolos orientados opuestamente y cerca uno del otro, constituye un cuadrupolo eléctrico. Puede continuar este proceso, para cualquier número de polos, pero aquí se mencionan solo los dos primeros, porque estos encuentran significativas aplicaciones en fenómenos físicos.

Una de las simetrías fundamentales de la Naturaleza es la conservación de la carga eléctrica. Ningún proceso físico produce un cambio neto de carga eléctrica.



- Figura 6. El monopolio es una hipotética partícula que tendría la particularidad de existir solo de forma aislada. Positiva o negativa.

- 
- 
- La existencia de esta partícula es una característica de las teorías llamadas de gran unificación y por ello su detección experimental es una interesante cuestión.

# Campo eléctrico

- Describimos la **interacción eléctrica** diciendo que las **cargas** introducen un **campo eléctrico**.
- La esencia de la noción de campo consiste en **atribuirle propiedades al espacio**.
- Es decir las **cargas afectan el espacio** que las rodea.



<http://www.fisimat.com.mx/campo-electrico/>



# Campo como propiedad del espacio

- ▶ El campo es una propiedad que adquiere el espacio que hace que unas cargas eléctricas "sepan" de la existencia de otras.

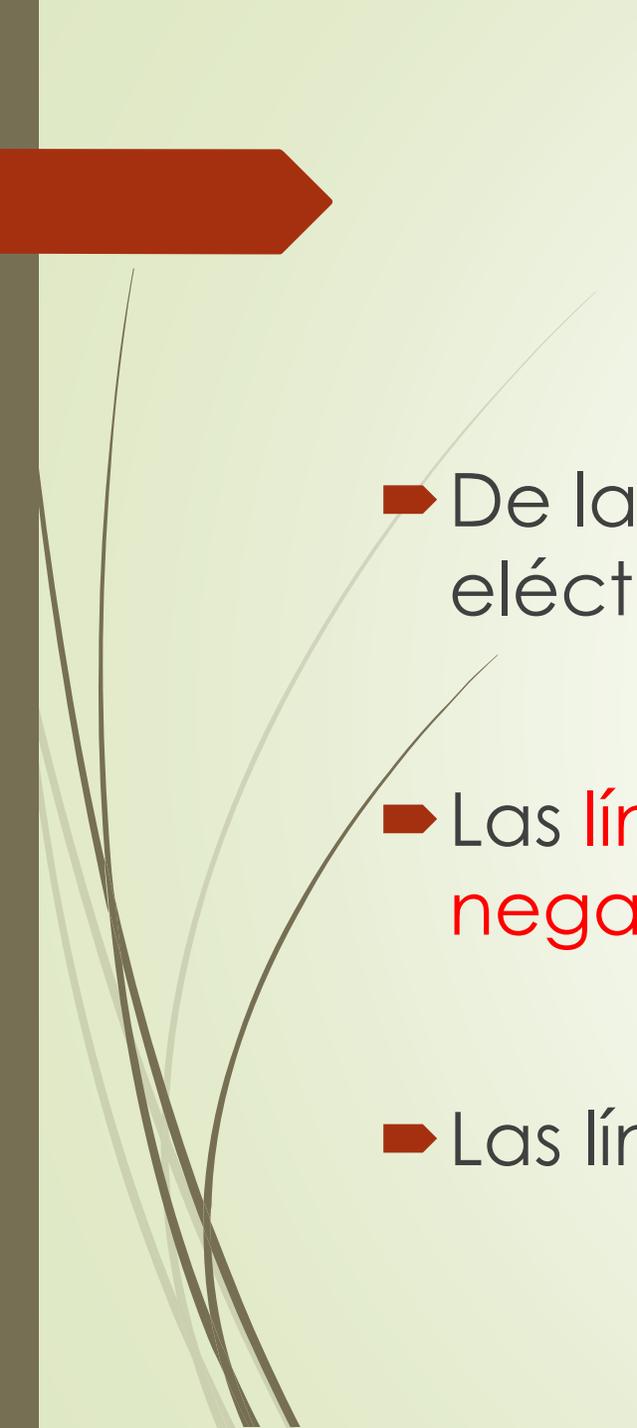
# Perturbación del espacio

- Se introduce el concepto de campo eléctrico, para entender y **complementar la interacción de las fuerzas eléctricas** entre **dos cargas**.
- Es la idea de una **perturbación que se produce en el espacio** circundante a cada carga.

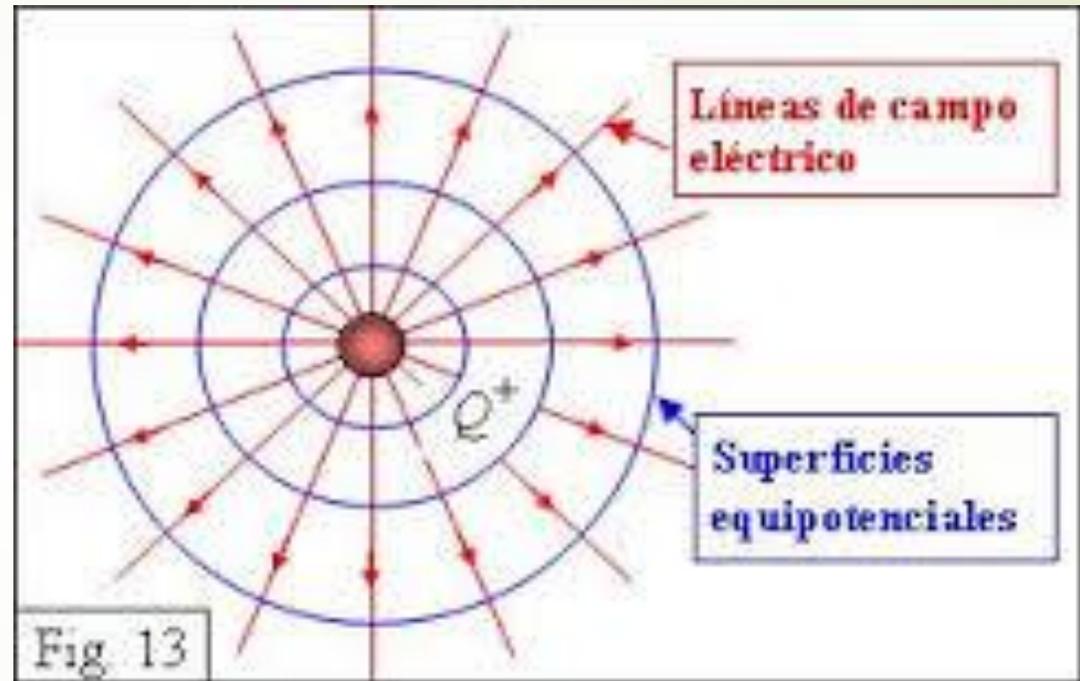
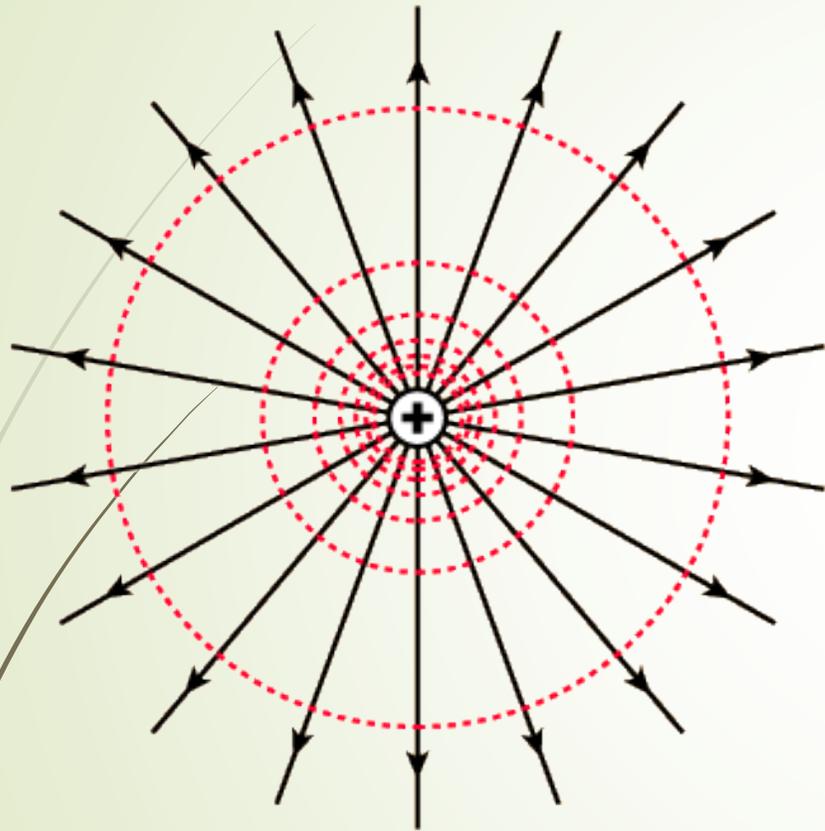
- 
- Esa perturbación afecta a cualquier carga que este cerca de otra.
  - El campo eléctrico lo representamos mediante las **líneas de campo**.

- 
- 
- Las líneas de los campos nos proporcionan dos tipos de información:
  - Dibujamos un número fijo de líneas. En las **regiones donde hay mayor densidad de líneas** el campo es más **intenso**.
  - Sobre dichas **líneas** dibujamos unas **flechas** que nos informan sobre la **dirección** del campo a lo largo de la línea.

- 
- 
- Lo que es importante para el tema que nos ocupa es que podemos decir **si una carga que crea un campo es positiva o negativa sin más que mirar a las líneas de campo.**

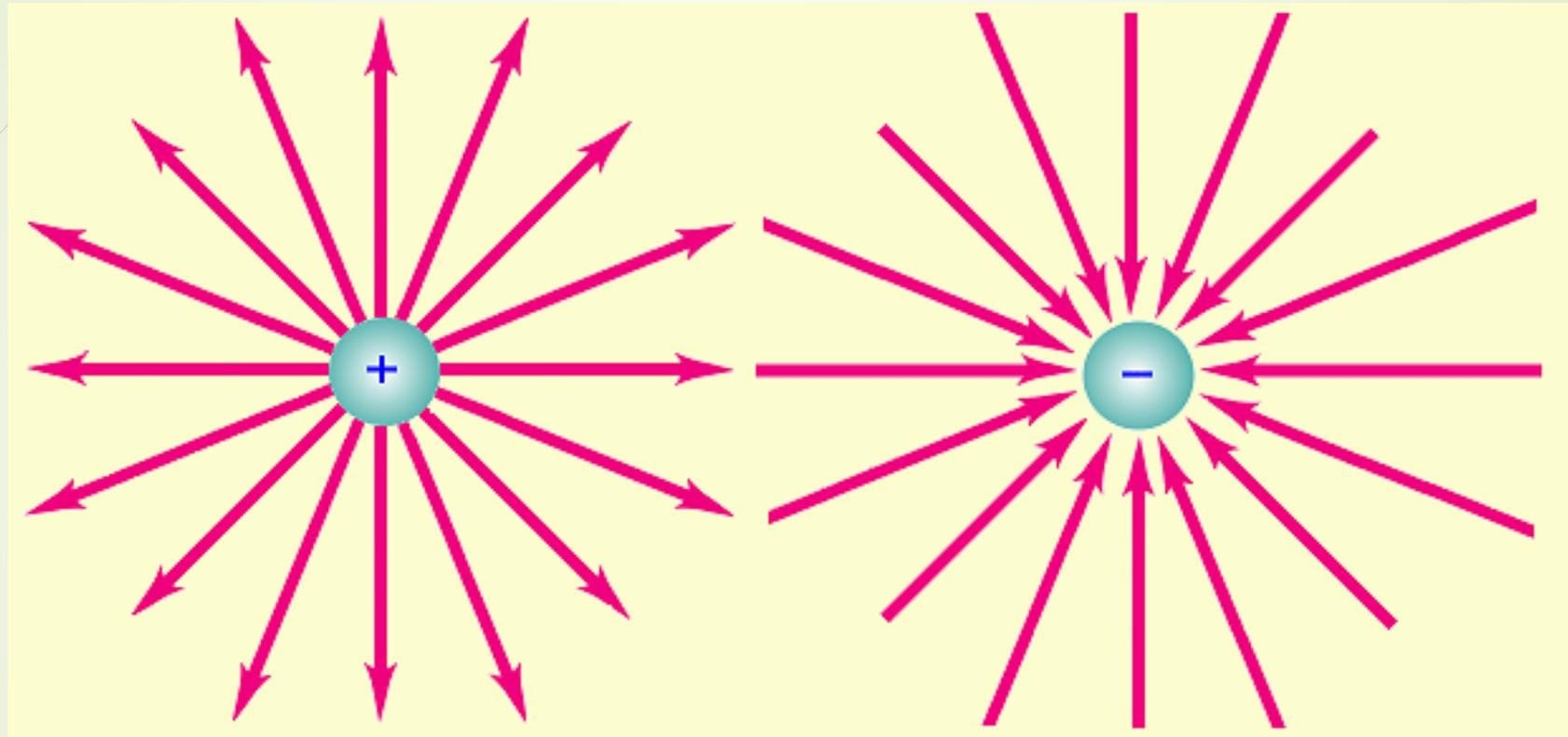
- 
- De las cargas positivas salen las líneas de campo eléctrico.
  - Las **líneas de campo** eléctrico entran en las **cargas negativas**.
  - Las líneas de campo eléctrico son abiertas.

# Líneas Equipotenciales de una Carga Puntual



[http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/Mod\\_4\\_contenidos\\_estudiantes\\_ciencias\\_fisica/fig%2013.JPG](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/Image/Mod_4_contenidos_estudiantes_ciencias_fisica/fig%2013.JPG)

Figura 7. Líneas salientes en un campo positivo.



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Cargas3.PNG>

Figura 8. Líneas salientes en un campo positivo.  
En cambio en un campo negativo entran.

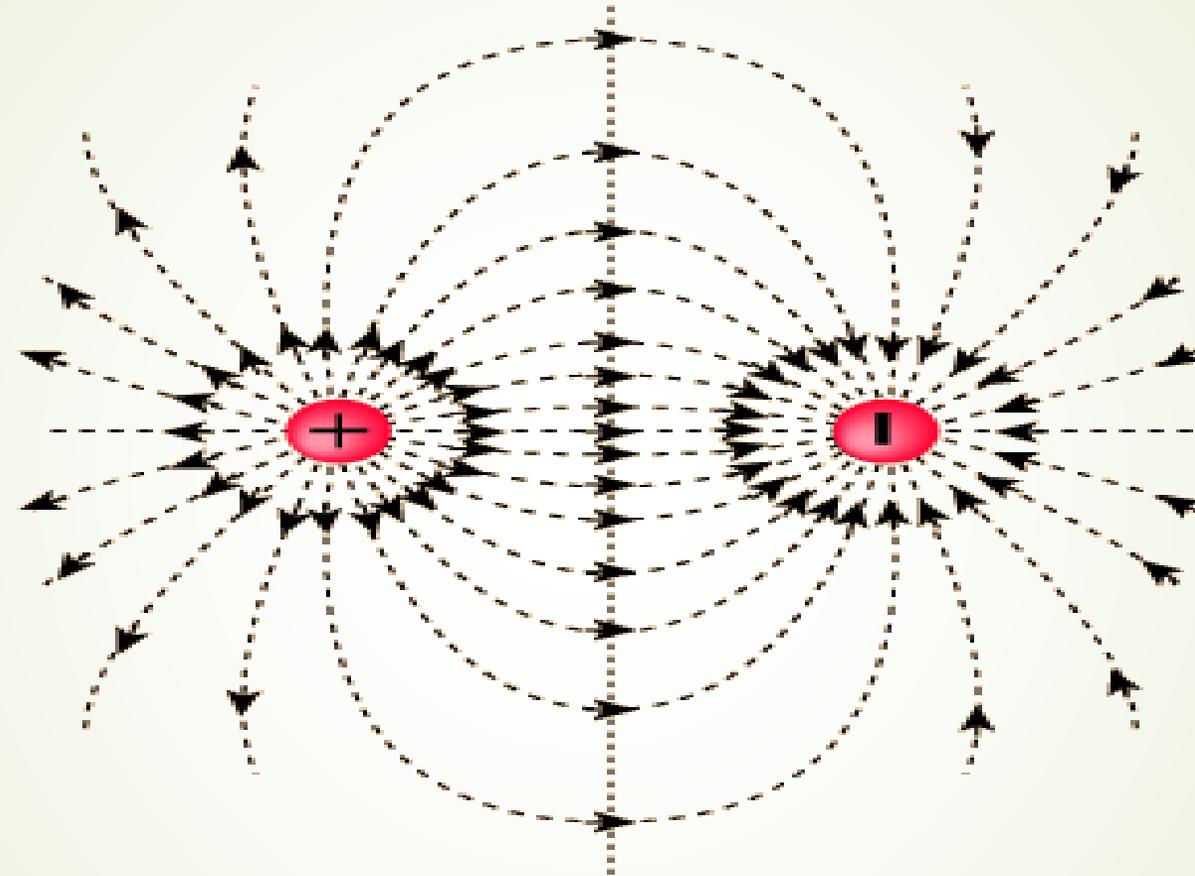


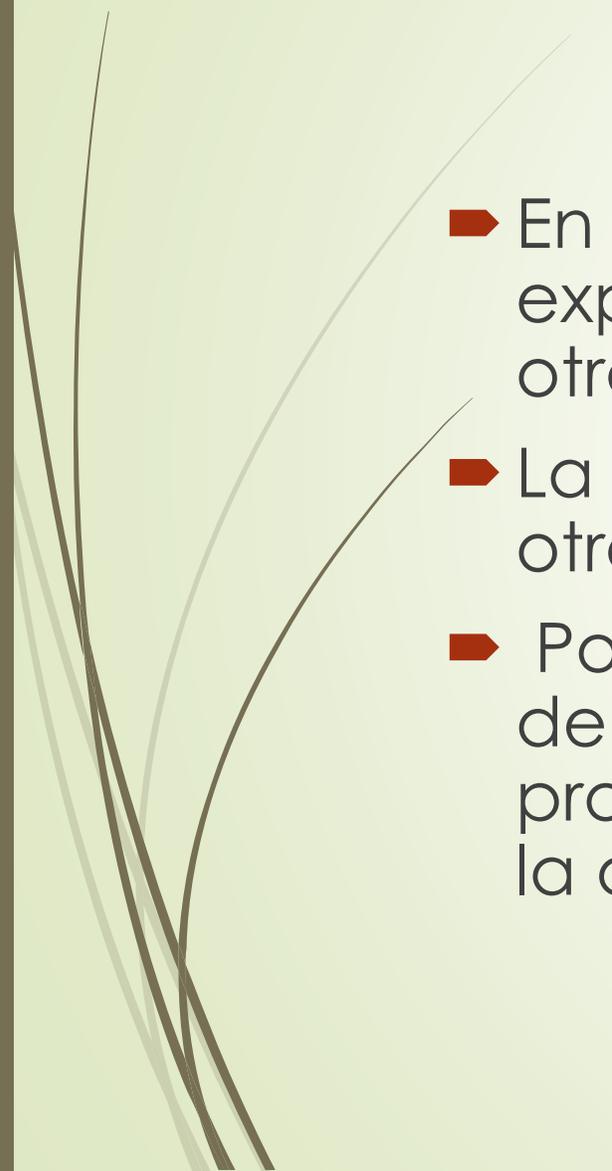
Figura 9. Dos campos uno positivo y otro negativo interactuando



# Intensidad de campo eléctrico.

- Si observamos la imagen anterior detectamos que hay mayor densidad de líneas en unos puntos que en otros, o sea, el campo es más intenso en unas partes que en otras. En unas partes el campo hace más fuerza que en otras.
- Esto se define como la intensidad de campo o algunos autores sencillamente como campo eléctrico.

- 
- 
- ▶ Para cada punto del espacio que rodea a la partícula eléctrica, o sea, para punto del campo eléctrico definiremos una **intensidad del campo** eléctrico, la cual señala lo que le ocurriría a una pequeña carga colocada en él.

- 
- 
- En unas partes del campo una partícula experimentará mayor atracción o repulsión que en otras.
  - La fuerza será más intensa en unos puntos que en otros.
  - Por lo tanto la **intensidad depende de la fuerza** y de la **magnitud de la carga**. Si la carga es mayor producirá mayor efecto o intensidad de campo en la otra partícula.

- 
- 
- Se le llama intensidad de campo eléctrico a la fuerza por unidad de carga que se sentiría al colocar en un punto a una carga.

- 
- 
- Esta intensidad del campo eléctrico en un punto la designamos con la letra  $E$  y corresponderá al cociente entre la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga de prueba  $q_1$  + y el valor de esta carga.

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



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



$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2}$$



$q$  carga de prueba con respecto a la cual se mide el campo eléctrico.

- 
- ▶ En cualquier punto de la vecindad de una carga hay un campo.
  - ▶ Ese campo se convierte en una fuerza cuando colocamos una carga.

- 
- 
- Mientras no hay una carga el campo no produce fuerza.
  - En ausencia de carga ese campo sólo puede ser observado cuando produce efectos luminosos.

- 
- 
- Una carga de  $5 \times 10^{-6}$  C se introduce a una región donde actúa un campo de fuerza de 0.04N. ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico en esa región?

**Solución:** Para poder solucionar este problema, basta con sustituir los valores arrojados en el mismo problema, por ejemplo tenemos el valor de la carga y también el valor de la fuerza que actúa sobre ese campo:

$$q = 5 \times 10^{-6} C \quad F = 0.04 N$$

Ahora reemplazaremos estos datos en nuestra fórmula

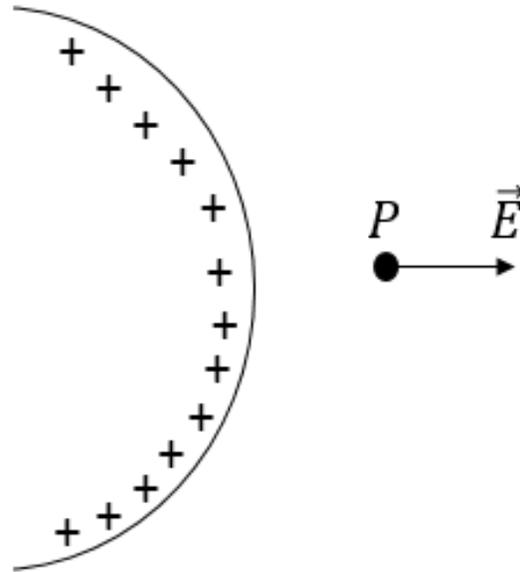
$$E = \frac{F}{q} = \frac{0.04 N}{5 \times 10^{-6} C} = 8000 \frac{N}{C}$$

Eso es lo que se generaría en la región donde actúa dicha fuerza sobre las cargas. Ahora veamos otro ejemplo con algunos incisos para entender por completo este tema.



2.- Dada la imagen, y asumiendo que se coloca una carga  $q = 2 \times 10^{-7} \text{ C}$ , y en ella actúa una fuerza  $F = 5 \times 10^{-2} \text{ N}$ , ¿Cuál es entonces, la intensidad del campo en P?

**Solución:** La imagen a la que se refiere el problema, es la que aparece justamente debajo.



Para poder solucionar el problema, basta nuevamente en colocar nuestros datos en la fórmula.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{5 \times 10^{-2} \text{ N}}{2 \times 10^{-7} \text{ C}} = 2.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

a) Al retirar la carga  $q$  y colocar en P una carga positiva de  $q_1 = 3 \times 10^{-7} C$  ¿Cuál será el valor de la fuerza **F** que actuará sobre esa carga, y cuál es el sentido del movimiento que tenderá a adquirir?

– Para poder solucionar esta parte, es necesario sustituir el nuevo valor de la carga en la fórmula ... Perooo con la condición de que ahora la fuerza será la incógnita, es decir:

$$F = qE$$

Hemos despejado F de la ecuación de campo eléctrico, entonces después de esto reemplazamos los datos.

$$F = qE = (3 \times 10^{-7} C)(2.5 \times 10^5 \frac{N}{C})$$

$$F = 7.5 \times 10^{-2} N$$

Como la carga que hemos obtenido es positiva, entonces **tenderá a moverse en el mismo sentido que el vector de E**, es decir a la derecha. Para que podamos obtener un desplazamiento a la izquierda de E, entonces tendríamos que colocar una carga negativa. 😊



3.- ¿Cuál es el valor de la carga que está sometida a un campo eléctrico de  $4.5 \times 10^5 \text{ N/C}$  y sobre ella se aplica una fuerza de  $8.6 \times 10^{-2} \text{ N}$ ?

**Solución:** Para este sencillo problema, basta con reemplazar los datos en nuestra fórmula, pero antes de ello debemos despejarla en términos de  $q$ , de la siguiente forma.

$$q = \frac{F}{E}$$

Sustituyendo nuestros datos:

$$q = \frac{8.6 \times 10^{-2} \text{ N}}{4.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}} = 0.191 \times 10^{-6} \text{ C}$$

que con notación científica podemos dejarla expresada en  $q = 19.1 \times 10^{-8} \text{ C}$

que sería el valor de la carga a la que está sometida a un campo eléctrico y fuerza especificadas en el problema.