

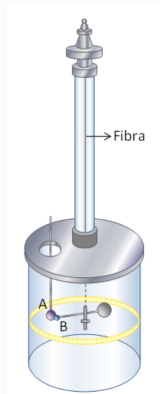
# Electromagnetismo 1

S02 - Ley de Coulomb

---

Josue Meneses Díaz

# Experimento



**Figure 1:** Balanza de torsión de Coulomb

## Ley de Coulomb

Considere un sistema de dos objetos puntuales con cargas,  $q_1$  y  $q_2$ , separados por una distancia  $r$  en el vacío. La fuerza eléctrica ejercida por  $q_1$  sobre  $q_2$  viene dada por la ley de Coulomb:

$$\vec{\mathbf{F}}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}},$$

donde  $k_e$  es la constante de Coulomb y  $\hat{\mathbf{r}} = \vec{\mathbf{r}}/r$  es un vector unitario dirigido de  $q_1$  a  $q_2$

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

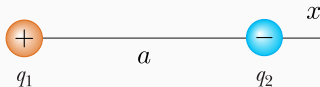
donde  $\epsilon_0$  es la constante eléctrica llamada permitividad del espacio libre

### Ejemplo (Ley de Coulomb)

Un protón y un electrón en un átomo de hidrógeno se encuentran separados a una distancia de  $a = 5,3 \cdot 10^{-11}$  [m]. ( $q_1 = -q_2 = 1,6021765 \times 10^{-19}$  [C])

Calcule:

- La fuerza eléctrica que sobre el electrón.
- Dibuje el vector fuerzas resultante sobre el electrón.



## Comparación con fuerza gravitacional

La fuerza eléctrica y la fuerza de gravitación, junto con las fuerzas nucleares (Fuerte y Débil) son básicas en nuestro universo y rigen a distinta escala. Hay una gran semejanza en la estructura matemática de la Ley de Coulomb y la Ley de Gravitación Universal de Newton

Ley de Coulomb

$$\vec{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad k_e = 8,98755 \cdot 10^9 \left[ \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

Ley de Gravitación universal

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \left[ \frac{N \cdot m^2}{Kg^2} \right]$$

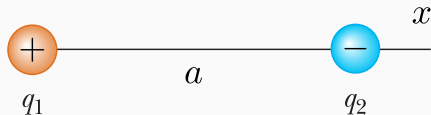
### Ejemplo (Relación entre fuerza eléctrica y gravitacional)

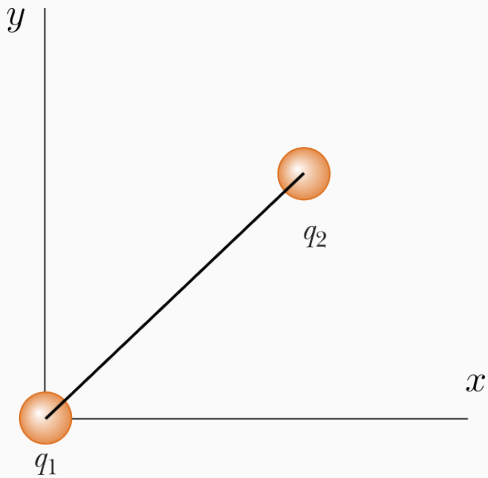
Calcular la relación que existe entre las fuerzas eléctrica y gravitatoria ejercidas entre el protón y el electrón de un átomo de hidrógeno.

$$a = 5,3 \cdot 10^{-11}[\text{m}]$$

$$q_1 = -q_2 = 1,6021765 \times 10^{-19}[\text{C}]$$

$$m_+ = 9,1094 \times 10^{-31}[\text{kg}] \quad m_- = 1,67262 \times 10^{-27}[\text{kg}]$$





## Principio de superposición

La ley de Coulomb se aplica a cualquier par de cargos puntuales. Cuando hay más de dos cargas presentes, la fuerza neta sobre cualquier carga es simplemente **la suma vectorial de las fuerzas ejercidas sobre ella por las otras cargas**. Por ejemplo, si hay tres cargas presentes, la fuerza resultante experimentada por  $q_3$  debido a  $q_1$  y  $q_2$  será:

$$\vec{\mathbf{F}}_3 = \vec{\mathbf{F}}_{13} + \vec{\mathbf{F}}_{23}.$$

En general, la fuerza aplicada sobre  $q_i$  es:

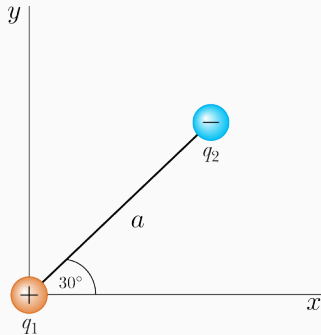
$$\vec{F}_i = k_e q_i \sum_{j \neq i} \frac{q_j}{r_{j,i}^2} \hat{r}_{j,i}.$$



### Ejemplo

Calcular la fuerza que experimenta la carga negativa.  $q_1 = 75\text{nC}$ ,  $q_2 = -15\text{nC}$ ,

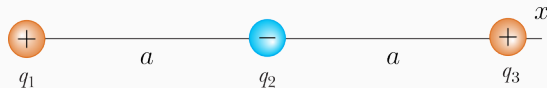
$$a = 2\text{nm}$$



### Ejemplo (Aproximación efecto triboeléctrico)

Continuando con el ejemplo de átomo de hidrógeno. ¿Qué ocurre si acercamos una carga positiva  $q_3 = 3q$  a la misma distancia  $a$ .

Calcule la fuerza de atracción sobre la carga negativa producto de las dos cargas positivas. ( $a = 5,3 \cdot 10^{-11}$  [m].  $q_1 = -q_2 = 1,6021765 \times 10^{-19}$  [C])



**Desafío:** Encontrar la posición donde la fuerza neta sobre carga negativa es 0.

- Ley de Coulomb:

$$\vec{F} = k_e \vec{q} \sum_{j \neq i} \frac{q_j}{r_{j,i}^2} \hat{r}_{j,i}$$

Donde  $k_e$  es la constante de Coulomb:

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

La fuerza neta que experimenta la partícula  $i$  es determinada mediante:

$$\vec{F}_i = k_e q_i \sum_{j \neq i} \frac{q_j}{r_{j,i}^2} \hat{r}_{j,i}.$$

- Serway, Raymond A., and John W. Jewett. "23 Campos Eléctricos. 23.3 Ley de Coulomb 23.4 El Campo Eléctrico." In Física Para Ciencias e Ingeniería Con Física Moderna, 7ma ed. Vol. 2. CENGAGE learning, 2005.
- Freedman, Young, and S. Zemansky. "21 CARGA ELÉCTRICA Y CAMPO ELÉCTRICO. 21.4 Campo Eléctrico y Fuerzas Eléctricas." In Física Universitaria, 2009.