

## ELECTROSTÁTICA

IES La Magdalena.  
Avilés. Asturias

La materia puede tener carga eléctrica. De hecho en los átomos existen partículas con carga eléctrica positiva (protones) y otras con carga eléctrica negativa (electrones)

La unidad S.I de carga eléctrica es el culombio (C), aunque como resulta excesivamente grande, en la práctica se utilizan submúltiplos de la misma:

- Microculombio ( $\mu\text{C}$ ).  $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$
- Nanoculombio (nC).  $1 \text{ n C} = 10^{-9} \text{ C}$
- Picoculombio (pC).  $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$

Es un hecho experimental conocido que cargas de distinto signo se atraen y del mismo se repelen.

La fuerza ejercida entre dos cargas (supuestas puntuales) viene descrita por la **Ley de Coulomb** (1785) que establece que **la fuerza con que dos cargas se atraen o se repelen es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa:**

$$F = k \frac{Qq}{d^2}$$

Normalmente el valor de k se escribe en función de una nueva constante, característica de cada medio, llamada **permitividad o constante dieléctrica del medio,  $\epsilon$** .

(En física los aislantes reciben el nombre de *dieléctricos* de ahí el nombre de constante dieléctrica)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

Para el S.I y para el vacío o el aire la constante dieléctrica ( $\epsilon_0$ ) vale:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

Por tanto el valor de k para el aire o el vacío valdrá :

$$k = \frac{1}{4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

**Se puede considerar que la constante dieléctrica da idea de la capacidad del medio para transmitir la interacción eléctrica.**

En un medio con un constante dieléctrica alta (k, pequeña) la fuerza entre dos cargas será más pequeña que en otro en el que la constante dieléctrica sea baja (k, grande). El primer medio "transmite" peor la interacción entre cargas. Es decir, es más aislante.

La carga eléctrica más pequeña que se puede encontrar en la naturaleza es la que portan el electrón o el protón (ambos tienen idéntica carga pero de signo contrario), por eso recibe el nombre de "**carga eléctrica elemental**":

$$q = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

**La constante de proporcionalidad, k, depende del medio en el que estén situadas las cargas** (vacío, aire, agua...) y para el vacío o el aire, y en unidades S.I, vale:

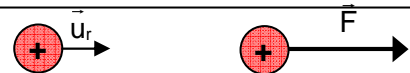
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

Rigurosamente la expresión de la Ley de Coulomb debería ser una expresión vectorial:

$$\vec{F} = k \frac{Qq}{d^2} \vec{u}_r$$

Donde  $\vec{u}_r$  es un vector unitario cuya dirección viene dada por la línea que une ambas cargas, y sentido siempre saliente respecto de la carga que ejerce la fuerza.

Por tanto si la fuerza es positiva tiene el mismo sentido que  $\vec{u}_r$  y si es negativa, sentido contrario.



Fuerza ejercida sobre una carga positiva. La fuerza tiene el mismo sentido que  $\vec{u}_r$



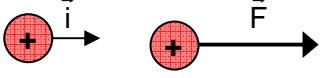
Fuerza ejercida sobre una carga negativa. La fuerza tiene sentido contrario a  $\vec{u}_r$

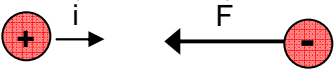
**Ejemplo 1**

Calcular la fuerza entre dos cargas:

- a) De + 5 μC y +3 μC situadas a 10 cm.    b) De + 5 μC y -3 μC situadas a 10 cm.

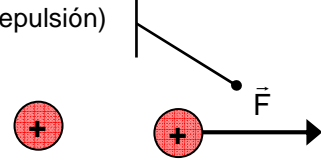
**Solución 1 (usando notación vectorial):**

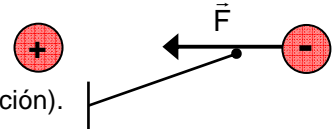
a) 
$$\vec{F} = k \frac{qQ}{d^2} \vec{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{0,10^2 \text{ m}^2} \vec{i} = 13,5 \vec{i} \text{ (N)}$$


b) 
$$\vec{F} = k \frac{qQ}{d^2} \vec{u}_r = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{(-3 \cdot 10^{-6} \text{ C}) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{0,10^2 \text{ m}^2} \vec{i} = -13,5 \vec{i} \text{ (N)}$$


El ejercicio puede resolverse sin usar notación vectorial. Si se opta por este procedimiento tendremos en cuenta si la interacción es atractiva o repulsiva para dibujar primero el vector fuerza y usaremos la expresión de la ley de Coulomb para calcular su módulo. Para esto consideramos las cargas **siempre como positivas** (aunque tengan signo negativo), ya que el signo nos daría la dirección del vector fuerza si usáramos la notación vectorial (ver arriba).

**Solución 2 (sin usar notación vectorial):**

a) 
$$F = k \frac{qQ}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{0,10^2 \text{ m}^2} = 13,5 \text{ N}$$


b) 
$$F = k \frac{qQ}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{0,10^2 \text{ m}^2} = 13,5 \text{ N}$$


Ley de Gravitación Universal

$$\vec{F} = -G \frac{m M}{r^2} \vec{u}_r$$

Ley de Coulomb

$$\vec{F} = K \frac{q Q}{r^2} \vec{u}_r$$

- **Tanto la interacción gravitatoria como la eléctrica son consecuencia de la existencia de propiedades inherentes a la materia: la masa y la carga.**
- Todo cuerpo que posea masa será sensible a la interacción gravitatoria. Todo objeto que posea carga neta será sensible a la interacción eléctrica. Cuanto mayor sea la masa o la carga de los cuerpos, mayor es su interacción gravitatoria o eléctrica.
- **Ambas interacciones decrecen muy rápidamente a medida que nos alejamos.**
- **La interacción gravitatoria es siempre atractiva, mientras que la interacción eléctrica puede ser atractiva o repulsiva en función del signo de las cargas.**
- **El pequeño valor de la constante de gravitación universal (G) hace que la fuerza de atracción gravitatoria sea despreciable** a no ser que las masa implicadas sean muy grandes (astros). La fuerza de gravedad es la interacción que domina a nivel cosmológico.
- **El valor de la constante que aparece en la Ley de Coulomb (K) hace que la fuerza eléctrica sea apreciable incluso cuando consideramos cargas eléctricas muy pequeñas.** La interacción eléctrica es la dominante a nivel de átomos y moléculas, haciendo posible la existencia de las unidades estructurales básicas que forman la materia (los átomos).
- **La interacción gravitatoria no depende del medio en el que se encuentren las masas (aire, vacío, agua...), mientras que la naturaleza del medio sí influye en el valor de la interacción eléctrica.** Unos medios transmiten mejor la interacción eléctrica que otros.
- **La fuerza eléctrica y la gravitatoria son fuerzas conservativas.**