

---

# FÍSICA Y QUÍMICA

1º Bachillerato

## I. FÍSICA

Electrostática

## II. QUÍMICA

Prof. Jorge Rojo Carrascosa

---

# Índice general

<b>1. ELECTROSTÁTICA</b>	<b>2</b>
1.1. LEY DE COULOMB . . . . .	2
1.2. CAMPO ELÉCTRICO . . . . .	3
1.3. ENERGIA POTENCIAL ELECTROSTÁTICA . . . . .	5
1.4. POTENCIAL ELECTROSTÁTICO . . . . .	5
1.5. TRABAJO ELECTROSTÁTICO . . . . .	6
1.6. PROBLEMAS RESUELTOS . . . . .	8

# Capítulo 1

## ELECTROSTÁTICA

La experiencia nos muestra que dos cargas de igual signo se repelen y que dos cargas de sentido contrario se atraen. La materia, por tanto, contiene carga eléctrica. De hecho en los átomos existen partículas con carga eléctrica positiva (protones) y otras con carga eléctrica negativa (electrones). La electrización consiste en una pérdida o ganancia de electrones, por ejemplo al frotar dos cuerpos, la carga se transfiere de un cuerpo a otro en forma de electrones. Pero en este proceso, la carga ni se crea ni se destruye, se transmite y por tanto, se conserva. Una propiedad muy importante es que la carga está cuantizada, siempre se presenta como un múltiplo entero de una carga elemental, la que posee el electrón. La unidad en el sistema internacional de unidades de carga eléctrica es el culombio (C), aunque como resulta excesivamente grande, en la práctica se utilizan submúltiplos de la misma:  $\mu C$ ,  $nC$ , ...

### 1.1. LEY DE COULOMB

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:*

$$\vec{F} = K \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_r$$

Donde  $\vec{u}_r$  es un vector unitario en la dirección de la línea que une ambas cargas y sentido siempre saliendo 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.  $K$  es la constante de proporcionalidad conocida como constante

de Coulomb, depende del medio en el que estén situadas las cargas (vacío, aire, agua, aceite, . . .) y para el vacío o el aire, y en unidades S.I vale  $9 \cdot 10^9 \frac{Nm}{C^2}$ . Muchas veces la constante de proporcionalidad se escribe en función de la constante de permitividad del medio o constante dieléctrica del medio,  $\epsilon$ :

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

La constante de permitividad da idea de la capacidad que tiene un medio para transmitir la interacción eléctrica. Si un medio tiene una permitividad alta (o  $K$  pequeña) la fuerza entre dos cargas será más pequeña que en otro en el que la permitividad sea baja (o  $K$  grande). El primer medio es más aislante, transmite peor la interacción entre cargas y recibe el nombre de dieléctrico.

## 1.2. CAMPO ELÉCTRICO

Al igual que en la interacción gravitatoria, las fuerzas entre cargas se transmiten a distancia, no hace falta que los dos cuerpos estén en contacto. La teoría de campos pone de manifiesto la existencia de una fuerza cuando en el medio existe otro cuerpo que sufre una interacción por otro cuerpo, que generó la fuerza, por que él posee la misma propiedad que la que genera la fuerza. Dicho de otra manera, una carga  $q$  siente una fuerza eléctrica provocado por una carga  $q'$  como consecuencia de que ella misma tiene carga.

Una carga de prueba positiva  $q$  situada en una región del espacio desprovista de cargas no siente fuerza alguna. Sin embargo, si se introduce una carga negativa,  $q'$ , las propiedades del espacio se modifican y la carga siente una fuerza de repulsión. Se dice que la carga  $q'$  crea un **campo** a su alrededor que actúa sobre la carga de prueba  $q$ . De esta manera la acción deja de ejercerse a distancia y es el campo el responsable de la acción ejercida sobre la carga de prueba. El campo es una entidad física medible. Se define la intensidad de campo eléctrico en un punto como la fuerza ejercida sobre la unidad de carga colocada en ese punto.

$$\boxed{\vec{E} = K \frac{q'}{r^2} \vec{u}_r} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\vec{F} = q\vec{E}}$$

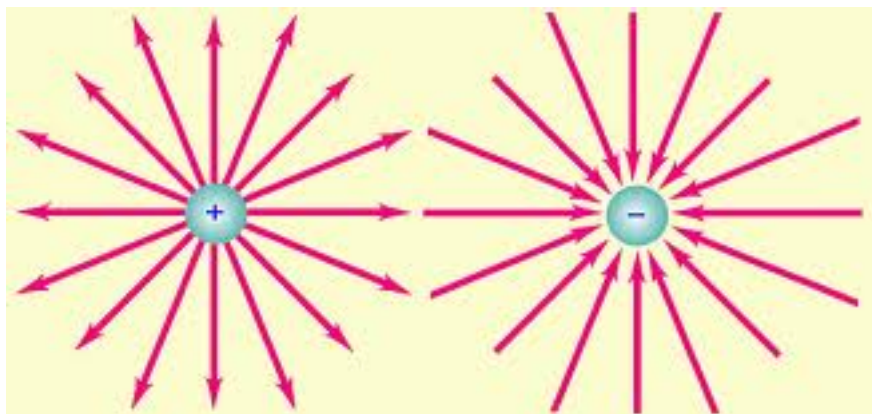
El campo creado por una carga positiva tiene el mismo sentido que  $\vec{u}_r$ , es decir, hacia fuera; si es negativo el campo tiene sentido contrario, hacia dentro. En el sistema internacional de unidades el campo se mide en  $\frac{N}{C}$ .

Para visualizar el campo se recurre a las llamadas *líneas de campo* de eléctrico, éstas son líneas que indican la dirección del campo en cada punto y que representan las

trayectorias que seguirían partículas con carga eléctrica (o masa) que se abandonaran en un campo eléctrico (o campo gravitatorio). Las reglas para dibujarlas son:

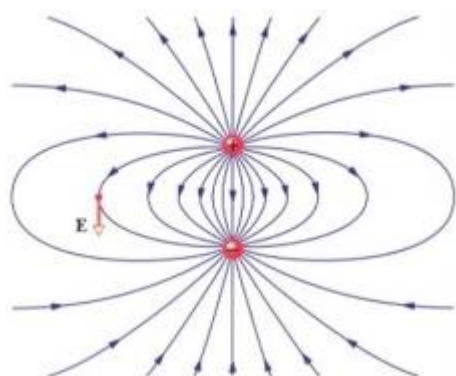
- Las líneas de campo siempre salen de una carga positiva (manantiales) y entran hacia las negativas (sumideros).
- El número de líneas de campo es proporcional a la magnitud de la carga y su densidad igual al valor de la intensidad del campo.
- Comienzan y terminan sólo en cargas eléctricas.
- En un campo uniforme (misma intensidad, dirección y sentido en todos los puntos), las líneas de fuerza eléctrica son paralelas entre sí.
- Dos líneas de campo no pueden cortarse (si pudieran hacerlo entonces en un mismo punto existirían dos direcciones para el campo eléctrico).
- La densidad de líneas de fuerza disminuye con la distancia a la carga, proporcionalmente a  $1/r^2$ , lo mismo que hace el campo, pudiendo dicha densidad representar la intensidad del campo como hemos visto en el segundo punto.

Si una carga positiva es abandonada en un campo seguirá una línea de campo en el sentido que indican las flechas. Por el contrario, una carga negativa seguirá la línea de campo, pero en sentido contrario al indicado por las flechas.

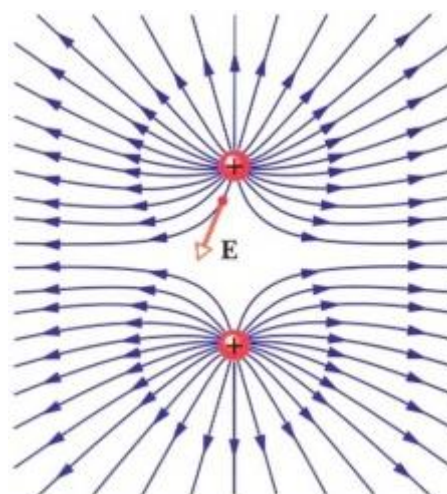


Líneas de campo de carga positiva y negativa ambas aisladas.

Cuando tenemos dos cargas emparejadas (a una distancia en la cual exista interacción eléctrica entre ambas) se habla de dipolos eléctricos. En ellos la distribución de las líneas de campo son tales como se representan en estas figuras,



Líneas de campo de un dipolo positivo-negativo.



Líneas de campo de un dipolo positivo.

### 1.3. ENERGIA POTENCIAL ELECTROSTÁTICA

En un campo eléctrico creado por una carga positiva ( $+q$ ) se introduce una carga de prueba ( $+q'$ ) aplicando una fuerza contraria a la ejercida por el campo. Cuando se suelte la carga, ésta será repelida y se moverá alejándose de la carga que crea el campo.

Tenemos una situación idéntica a la descrita cuando elevábamos un objeto (situado en un campo gravitatorio) o cuando comprimíamos un muelle. La energía comunicada al cuerpo se acumulaba como energía potencial que era liberada como energía cinética si se dejaba actuar a la fuerza. La energía necesaria para traer una carga positiva desde fuera del campo hasta un punto de éste se acumula como energía potencial. El valor de la energía potencial en un punto (igual al trabajo realizado contra el campo para traer la carga desde fuera del campo) se puede calcular usando la siguiente expresión:

$$E_p = K \frac{qq'}{r}$$

### 1.4. POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

Si dividimos la energía potencial en un punto por el valor de la carga situada en ese punto, obtenemos una nueva magnitud, el **potencial** en ese punto,  $V$ , que, a

diferencia de la energía potencial, no depende del valor de la carga introducida, sino sólo de la carga que crea el campo (y de la distancia, por supuesto):

$$\boxed{V = K \frac{q}{r}} \implies \boxed{E_p = qV}$$

El potencial es una magnitud escalar puede tener signo positivo o negativo, dependiendo del signo de  $q$ . Su unidad en el sistema internacional es el  $J/C$ , conocido como voltio (V). Un potencial positivo implica que el punto considerado está dentro del campo creado por una carga positiva. Cuanto mayor sea el potencial, mayor será el valor de  $q$  y, en consecuencia, mayor energía potencial tendrá la carga situada en él. Un potencial negativo implica que el punto considerado está dentro del campo creado por una carga negativa.

- Cuando las cargas se introducen en un campo se mueven espontáneamente siguiendo las líneas de campo.
- Una carga positiva se moverá espontáneamente en la dirección de los potenciales decrecientes. O lo que es lo mismo, desde las zonas de mayor potencial a las de menor potencial.
- Una carga negativa se moverá espontáneamente en la dirección de los potenciales crecientes. O lo que es lo mismo, desde las zonas de menor potencial a las de mayor.

## 1.5. TRABAJO ELECTROSTÁTICO

El trabajo para trasladar una unidad de carga positiva desde un punto a otro vendrá dado por la **diferencia de potencial eléctrico**, es decir,

$$\boxed{W_{AB} = (V_A - V_B)q}$$

Para lograr que las cargas se muevan entre dos puntos hemos de conseguir que dichos puntos se encuentren a distinto potencial. Una manera de conseguir esto es acumular cargas positivas en una zona y negativas en otra.

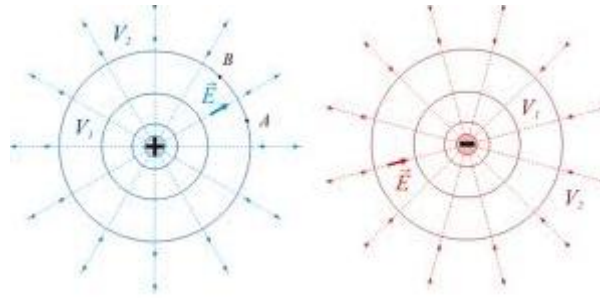
Todos los puntos del espacio que se encuentran a un mismo potencial eléctrico pertenecen a una superficie denominada **superficie equipotencial**. En ellas se cumple que:

- El trabajo realizado para desplazar entre dos puntos cualquiera de una superficie equipotencial una partícula con la misma propiedad que la de la partícula

que nos ha creado el campo es nulo.

$$V_A - V_B = 0 \implies \Delta E_{pB \leftarrow A} = 0$$

- Las líneas de campo son perpendiculares a las superficies equipotenciales, por tanto, las superficies equipotenciales serán superficies esféricas concéntricas.



Superficies equipotenciales.



## 1.6. PROBLEMAS RESUELTOS

1. Dos pequeñas bolas, de 10 g de masa cada una de ellas, están suspendidas del mismo punto mediante dos hilos de 1 m de longitud cada uno. Si al cargar las bolitas con la misma carga eléctrica, los hilos se separan formando un ángulo de  $10^\circ$ , determina el valor de la carga eléctrica.

Las fuerzas que actúan sobre la bola son, su peso, la tensión con el hilo y la fuerza eléctrica. Si se encuentra en equilibrio,

$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_e$$

siendo en cada eje,

$$\text{Eje } X \Rightarrow T_x = F_e \Rightarrow T \sin \alpha = K \frac{q^2}{r^2}$$

$$\text{Eje } Y \Rightarrow T_y = P \Rightarrow T \cos \alpha = mg$$

Dividiendo ambas relaciones

$$\tan = \frac{Kq^2}{mgr^2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{mgr^2 \tan \alpha}{K}} = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

donde  $r = 2d \sin \alpha$ .

2. Dos cargas eléctricas se encuentran separadas cierta distancia. ¿A qué distancia habrá que separarlas para que la fuerza que se ejercen mutuamente se reduzca a la novena parte?

A partir de la Ley de Coulomb podemos hallar la distancia a la que deben encontrarse para que su fuerza de se reduzca a la novena parte.

$$F' = \frac{1}{9}F \Rightarrow K \frac{Qq}{r'^2} = \frac{1}{9}K \frac{Qq}{r^2} \Rightarrow r' = 3r$$

3. Dos cargas  $q_1 = 3$  y  $q_2 = -6$  están situadas en el vacío a una distancia de 2 m. Calcula la variación de la energía potencial y el trabajo realizado para separarlas hasta una distancia de 4 m. Interpreta el signo del resultado obtenido

Primero hallamos la energía potencial electrostática en el instante inicial y final y después, el trabajo necesario para separarlas.

$$E_{p,i} = K \frac{q_1 q_2}{r_i} = -0,081 \text{ J}$$

$$E_{p,f} = K \frac{q_1 q_2}{r_f} = -0,0405 \text{ J}$$

El trabajo vendrá dado por,

$$W_{i \rightarrow f} = -\Delta E_p = E_{p,i} - E_{p,f} = -0,0405 \text{ J}$$

Separar dos cargas eléctricas de distinto signo no es espontáneo, por tanto debe de realizarse un trabajo en contra de la fuerza electrostática.

4. En el origen de coordenadas está situada una carga  $q_1 = 3$  y en el punto  $A(4,0)$  otra carga de  $q_2 = -3$ . Si las cargas están situadas en el vacío y las coordenadas se expresan en metros, determina el trabajo que realizan las fuerzas del campo para trasladar una carga  $q_3 = -6$  desde un punto  $B(0,3)$  hasta otro  $C(3,0)$ . Interpreta el signo obtenido.

Hallamos el potencial en el punto B y en el punto C debido a la carga  $q_1$  y  $q_2$ . Como el potencial es una propiedad escalar, el potencial en ambos puntos será consecuencia de la suma de los potenciales de la carga 1 y 2. La distancia desde el punto A y B a los puntos C y D podemos hallarlas mediante relaciones pitagóricas.

$$V_B = V_{1B} + V_{2B} = k \frac{q_1}{r_{1B}} + K \frac{q_2}{r_{2B}} = 3600 \text{ V}$$

$$V_C = V_{1C} + V_{2C} = k \frac{q_1}{r_{1C}} + K \frac{q_2}{r_{2C}} = -18000 \text{ V}$$

El trabajo que realizan las fuerzas del campo para trasladar la carga de B a C será,

$$W_{B \rightarrow C} = -q_3 \Delta V = -0,13 \text{ J}$$

El trabajo es negativo por que se realiza en contra de las fuerzas del campo electrostático.