

# Physica

## Conceptos fundamentales de Física en 2º de Bachillerato

I.E.S. Aguilar y Cano

Campo eléctrico

J.M.L.C.

### Introducción

La humanidad ha realizado diversos y variados pasos hasta llegar al conocimiento actual sobre el electromagnetismo. La electricidad estática era conocida por Tales de Mileto (600 a.C.), al observar la propiedad que tenía el ámbar de atraer pequeños cuerpos, cuando se frotaba previamente. Como en griego ámbar es  $\eta\lambda\epsilon\chi\tau\rho\nu$  (*electron*), de ahí el nombre electricidad. Por otra parte, en la comarca de Magnesia se encontraba frecuentemente un mineral ( $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3$ ), que tenía la propiedad de atraer, sin frotar, únicamente materiales de hierro. A este mineral se le denominó magnetita y de ahí proviene el nombre de magnetismo.

Nombres como Pierre de Maricourt (s. XIII), William Gilbert (1544-1603), Benjamín Franklin (1706-1790), Charles Augustin Coulomb (1736-1806), Alessandro Volta (1745-1827), Hans Christian Oersted (1777-1851), André Marie Ampère (1775-1836), Michel Faraday (1791-1867) son algunos que se encuentran indisolublemente unidos al electromagnetismo. Pero fue James Clerk Maxwell (1831-1879) quien, matemáticamente, relacionó ambos fenómenos en 1865, con las denominadas ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo, y cuya importancia puede compararse con las leyes de Newton en dinámica clásica.

### Electricidad estática

La electricidad es una de las fuentes de energía más utilizadas por el hombre. Si miramos a nuestro alrededor, observaremos que tiene múltiples aplicaciones. Sin embargo, los primeros contactos del hombre con la electricidad fueron a través de las tormentas.

La electricidad que hay en las nubes de una tormenta se denomina estática. Los cuerpos que tienen electricidad estática: atraen objetos ligeros; se atraen o se repelen entre sí; desprenden chispas.

### Cómo se electrizan los cuerpos

• *Por fricción.* Frotando fuertemente un cuerpo con un paño se puede

conseguir cargarlo eléctricamente. Se dice que el cuerpo ha adquirido carga eléctrica. La fricción con el aire carga de electricidad estática a los aviones y coches, y también a los discos que atraen el polvo.

- *Por contacto.* Si un cuerpo se pone en contacto con otro que tiene electricidad, parte de las cargas eléctricas de este último pasan al primero, que queda también electrizado.

### Pero... ¿qué es la carga?

Debemos contentarnos con definirla de un modo axiomático, por ejemplo: *La carga eléctrica es la propiedad de la materia que señalamos como causa de la interacción electromagnética.*

Las propiedades fundamentales de la carga eléctrica son:

- La carga eléctrica está *cuantizada* y su unidad más elemental es la carga del electrón. Cualquier carga es un múltiplo entero de la carga del electrón,  $e$ .
- Así como la interacción puede ser atractiva o repulsiva, existen dos tipos de carga o estados de electrización, positiva y negativa, siguiendo la terminología sugerida por Franklin. De este modo, la interacción electrostática entre cargas del mismo signo es repulsiva, mientras que la interacción entre cargas de signo opuesto es atractiva.
- La carga eléctrica se *conserva* en cualquier proceso que tenga lugar en un sistema aislado.

En el S.I. Se utiliza como unidad de carga el *culombio* (C), que equivale a la carga de  $6,242 \cdot 10^{18}$  electrones.

### Ley de Coulomb

Coulomb, en 1785, fue el primero que midió, usando una balanza de torsión como la de Cavendish (interacción gravitatoria), las fuerzas atractivas y repulsivas entre cargas eléctricas y dedujo la ley que las determina: *La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas es directamente proporcional al producto de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa:*

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{u}_r$$

Es de destacar la semejanza entre esta ley y la de gravitación de Newton, aunque en el caso que nos ocupa la fuerza puede ser atractiva o repulsiva. El valor de la constante  $K$  en el vacío, y en el S.I., es de  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

$K$  se puede expresar en función de la permitividad eléctrica del medio,  $\epsilon$ , (constante dieléctrica) según:

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

que para el caso del vacío o del aire:

$$\epsilon = \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

### Campo eléctrico

Lo mismo que fue introducido el concepto de campo gravitatorio, vamos a introducir el concepto de campo eléctrico. Toda carga crea a su alrededor un campo eléctrico que actúa sobre todas las demás partículas cargadas. Este campo viene caracterizado cuantitativamente por la intensidad de campo eléctrico, una magnitud vectorial que es igual a la fuerza que actúa en el punto dado del campo sobre una carga positiva de prueba y el valor de dicha carga.

#### Contenido

Introducción.....	1
Electricidad estática (electrostática).....	1
Ley de Coulomb.....	1
Campo eléctrico.....	1
Energía potencial y potencial electrostático.....	2
Conductores y aislantes.....	2

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

La carga de prueba tiene que ser tan pequeña que su campo no perturbe el campo que investigamos.

Si se consideran dos cargas puntuales:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \mathbf{u}_r$$

es decir, el valor del campo  $E$  creado por la carga  $Q$  en un punto, será la fuerza que actuará sobre la unidad de carga positiva al colocarse en dicho punto.

El vector  $E$  tiene la misma dirección que  $F$ , y su sentido dependerá del signo de la carga  $Q$ , por lo que las líneas de fuerza (tangentes al vector campo) tendrán un sentido u otro, según el signo de  $Q$ . Si hay varias cargas puntuales, el campo eléctrico, según el principio de superposición, se calculará sumando vectorialmente el efecto que produce cada carga por separado.

Si la distribución de cargas no es puntual, sino que es continua, se deberá descomponer el cuerpo cargado en pequeños elementos infinitesimales de longitud, superficie o volumen, considerando cada uno como una carga puntual y luego sumar todos los elementos, es decir, integrar:

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \mathbf{u}_r$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{l,s,v} \frac{dq}{r^2} \mathbf{u}_r$$

## Energía potencial y potencial electrostático

La fuerza electrostática es, como la gravitatoria, conservativa, por lo que también en este caso el trabajo realizado por dicha fuerza para ir del punto A al B no depende del camino, sino sólo de las posiciones, siendo igual al la variación de energía potencial cambiada de signo.

Sea una carga  $Q$  fija, y otra  $q$  que se desplaza de A a B debido a la fuerza electrostática repulsiva. La diferencia de energía potencial electrostática entre dichos puntos será:

$$E_p(A) - E_p(B) = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} =$$

$$\int_A^B \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \mathbf{u}_r \cdot d\mathbf{r} =$$

$$\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \int_A^B \frac{dr}{r^2} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left( -\frac{1}{r} \right)_A^B =$$

$$\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Si tomamos como origen de energía potencial cero el infinito,  $E_p(\infty) = 0$ , se obtendrá la energía en un punto cualquiera:

$$E_p(A) = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r_A}$$

Si consideramos que es la unidad de carga positiva la que se traslada en lugar de  $q$ , se llegará al concepto de *diferencia de potencial electrostático*, es decir:

$$V(A) - V(B) = \frac{E_p(A) - E_p(B)}{q} =$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

y el potencial en un punto:

$$V(A) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_A}$$

Otra forma de definirlo sería:

La *diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos es el trabajo realizado por el campo electrostático para trasladar la unidad de carga positiva de uno al otro punto cambiado de signo:*

$$V(A) - V(B) = - \int_B^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$$

Si la carga creadora del campo no fuera puntual, el cálculo de la diferencia de potencial entre dos puntos se efectuaría según la última expresión, es decir, calculando previamente el campo  $E$ .

Las *superficies equipotenciales* son aquellas en que todos los puntos tienen el mismo valor del potencial. Serán por tanto superficies que cortan perpendicularmente a las líneas de campo. Si la carga es puntual, serán esferas concéntricas con centro en la carga.

La unidad de potencial, según la definición, será: julio/culombio = voltio;  $J/C = V$ .

## Conductores y aislantes

Se denomina *conductor* a todo cuerpo en el que las cargas eléctricas pueden moverse libremente. Por la constitución

atómica se sabe que que todo cuerpo en estado neutro posee tantas cargas positivas como negativas; en caso contrario se dice que está cargado, negativamente cuando hay un exceso de electrones, y positivamente cuando hay un defecto de los mismos. Por definición, un conductor cargado está en equilibrio electrostático cuando sus cargas están en reposo. Esto nos lleva a afirmar:

- El campo en el interior del conductor es nulo. En efecto, si las cargas están en reposo no actúa sobre ellas ninguna fuerza, y como  $F = qE$  resulta que el campo debe ser nulo.
  - Todo conductor en equilibrio electrostático es equipotencial. Es decir, todos los puntos del conductor deben tener el mismo potencial y el trabajo para ir de un punto a otro es nulo. No es difícil deducir que como  $E = 0$ ,
- $$V(A) - V(B) = \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = 0$$
- Toda la carga está distribuida en la superficie del conductor.
  - El campo, en los puntos próximos a la superficie exterior del conductor es perpendicular.

Se denominan *aislantes*, *aisladores* o *dieléctricos* a aquellas sustancias que no son conductoras, permaneciendo las cargas en la misma zona del cuerpo donde han sido producidas, como ocurre con el vidrio, la ebonita, la lana, etc. Hay dos tipos de dieléctricos, los denominados *polares* y los *no polares*. Los primeros tienen distribuida la carga positiva y negativa en los extremos de sus moléculas formando lo que se denomina un dipolo; mientras que en los segundos, el centro de la carga positiva coincide con el de la negativa.

La utilidad de los dieléctricos es para aumentar la capacidad de los condensadores. En efecto, al introducir un dieléctrico entre las armaduras de un condensador la diferencia de potencial disminuye, y, en consecuencia, la capacidad del condensador aumenta.