

ELECTROSTÁTICA

1- CARGA ELECTRICA

Ya en el siglo VI a.C., Tales de Mileto observó que ciertas sustancias, como el ámbar, tenían la propiedad, después de frotarlas, de atraer objetos ligeros. Este fenómeno es causado por una propiedad de la materia denominada electricidad.

La materia está formada por diversas partículas elementales, como electrones, protones o neutrones. El comportamiento de algunas de ellas se explica admitiendo que poseen carga eléctrica, que no es algo sobreañadido, sino parte fundamental de su constitución.

Dos protones se repelen entre sí y lo mismo ocurre con dos electrones, pero un protón y un electrón se atraen. Para dar una explicación a estos hechos se supone que hay cargas de dos tipos, positivas y negativas. Las del mismo signo se repelen mutuamente y las de distinto signo se atraen. Las cargas del protón y del electrón son, por tanto, de signos contrarios. Llamamos, por convenio, positiva a la carga del protón y negativa a la del electrón. Las cargas de electrón y protón son iguales, aunque de signo contrario y son la *mínima carga* que se conoce.

En general, los cuerpos materiales son neutros porque contienen tantas cargas negativas como positivas. Si un cuerpo pierde electrones, queda cargado positivamente; pero si adquiere electrones, se carga negativamente.

De este modo, podemos explicar el hecho de que cuando una varilla de vidrio se frota con un pañuelo de seda, la varilla cede electrones y queda cargada positivamente, mientras que el pañuelo adquiere electrones y queda cargado negativamente. Si el experimento se realiza con un bolígrafo de plástico y un trozo de lana, el bolígrafo se carga negativamente y el trozo de lana, positivamente.

2- LEY DE COULOMB

En 1785 Charles A. Coulomb midió las atracciones y repulsiones eléctricas entre cargas, y dedujo la ley que las rige. Operando con cuerpos cargados eléctricamente, suficientemente pequeños para que pudiesen desprejarse sus dimensiones frente a la distancia que les separaba (comportándose prácticamente como cargas puntuales), llegó a la conclusión de que:

«La fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas eléctricas está dirigida a lo largo de la línea que las une y es directamente proporcional al producto de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia».

De acuerdo con la tercera ley de Newton, las fuerzas de atracción o repulsión eléctricas actúan sobre ambas cargas, y estas dos fuerzas son iguales entre sí en módulo, de la misma dirección y sentido contrario.

Coulomb expresó matemáticamente sus conclusiones en la ley que lleva su nombre:

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

La constante de proporcionalidad K depende de las unidades elegidas para medir F, r, q y q' y también del medio en que se encuentran las cargas. En el S.I. la unidad de

carga es el Coulomb o Culombio. Si las cargas están en el vacío, y prácticamente también en el aire, K es $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. En otros medios, como por ejemplo el agua, el valor de esta constante disminuye considerablemente.

3- ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

La fuerza eléctrica entre cargas es conservativa. Por eso, tiene asociada una energía potencial. Así una carga q' situada a una distancia r de otra carga q posee energía potencial eléctrica pues al dejarlas libres q' se aleja de q si ambas son del mismo signo, y la energía potencial eléctrica inicial se convierte en energía cinética. Si q y q' son de signos contrarios, se acercan apareciendo una energía cinética a costa de la energía potencial inicial.

La expresión de la **energía potencial eléctrica** de una carga q' situada en el campo eléctrico creado por otra carga q , a una distancia r , es:

$$E_p = K \cdot \frac{q \cdot q'}{r}$$

Esta expresión es parecida a la de la ley de Coulomb. Sin embargo, la diferencia entre ambas es sustancial. La fórmula de la ley de Coulomb da el valor del módulo del **vector** fuerza, mientras que ésta da el valor numérico de la energía potencial, un **escalar**. En esta fórmula es indispensable poner el signo de las cargas para obtener un valor correcto de la energía potencial eléctrica que es positiva cuando ambas cargas son del mismo signo (+ por + o - por - es positivo) y negativa cuando son de signo contrario (+ por - es negativo)

Cuando una carga q' se encuentra bajo la influencia de una serie de cargas $q_1, q_2, q_3 \dots$ la energía potencial total de la misma es la suma de las energías potenciales con respecto a cada una de ellas

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} + E_{p3} + \dots = K \cdot \frac{q_1 \cdot q'}{r} + K \cdot \frac{q_2 \cdot q'}{r} + K \cdot \frac{q_3 \cdot q'}{r} + \dots$$

Es conveniente apreciar que en este caso la suma de energías potenciales se reduce a una simple suma algebraica, mucho más sencilla que cuando se han de sumar vectores como la fuerza o la intensidad del campo eléctrico.

4- CAMPO ELÉCTRICO

Toda carga eléctrica modifica las propiedades del espacio que la rodea, atrayendo o repeliendo las cargas eléctricas puestas en él. Se dice que la carga crea un campo eléctrico, que comprende la región del espacio donde se ponen de manifiesto fuerzas atractivas y repulsivas sobre las cargas eléctricas colocadas en él. Para cuantificar el campo eléctrico en un punto del espacio se usan dos magnitudes, una vectorial relacionada con la fuerza, denominada intensidad del campo eléctrico, y otra escalar, relacionada con la energía potencial, denominada potencial eléctrico.

5- INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO

La magnitud o intensidad del campo en determinado punto depende de la carga que crea el campo y de la distancia del punto considerado a la misma. Por ello se define el vector intensidad del campo eléctrico E en un punto como la fuerza ejercida sobre la unidad de carga positiva colocada en dicho punto. Su módulo, a consecuencia de la ley de Coulomb, viene dado por:

$$E = K \cdot \frac{q}{r^2}$$

La intensidad del campo es una magnitud vectorial. Comparando la expresión para el valor de la intensidad del campo eléctrico con la de la fuerza entre cargas se puede deducir que:

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

En estas expresiones q es la carga que crea el campo, y q' la que experimenta los efectos de dicho campo (aunque existe siempre reciprocidad).

La dirección del vector campo, \vec{E} , es la de la fuerza \vec{F} ejercida sobre la unidad de carga positiva situada en el punto. El sentido es hacia fuera de la carga q creadora del campo, si ésta es positiva, y hacia ella, si es negativa.

Si el campo en un punto es debido a varias cargas, q_1, q_2, q_3, \dots , de igual o distinto signo, se calcula la intensidad del campo resultante en ese punto:

a) Hallando la intensidad del campo \vec{E} debido a cada carga, como si existiera ella sola.

b) Sumando después vectorialmente los campos calculados separadamente. Es decir:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

6- POTENCIAL ELÉCTRICO

Se define **potencial eléctrico** en un punto como la energía potencial eléctrica que tendría la unidad de carga positiva colocada en dicho punto. Así en un punto de un campo eléctrico creado por una carga q , a una distancia r de la misma el potencial eléctrico vale (se ha de tener en cuenta que $q' = 1, C$):

$$V = K \cdot \frac{q}{r}$$

En un campo eléctrico creado por una carga q positiva el potencial es positivo (q y r son positivos) y en un campo creado por una carga negativa el potencial es negativo. La unidad de potencial en el S.I. se denomina voltio (V).

Comparando las expresiones de potencial y energía potencial puedes observar que se cumple:

$$E_p = q' \cdot V$$

El potencial también es un escalar. En un punto de un campo eléctrico creado por varias cargas q_1, q_2, q_3, \dots , el potencial total es la suma de los potenciales V_1, V_2, V_3, \dots correspondientes a cada una de ellas:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

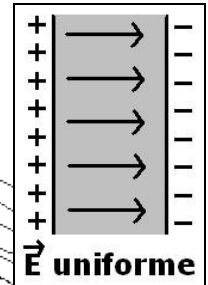
CAMPOS ELÉCTRICOS UNIFORMES

En un campo eléctrico creado por una carga puntual, la intensidad del campo disminuye en valor absoluto a medida que nos alejamos de la carga que crea el campo. Por tanto, el valor de la intensidad del campo eléctrico no es constante en dicho campo, ni tampoco lo es la fuerza que actúa sobre una carga al desplazarse en él.

Existe un modo de crear zonas del espacio donde el campo eléctrico es constante. Estos campos eléctricos cuya intensidad es la misma en cualquier punto se denominan campos eléctricos uniformes. Aparece un campo eléctrico uniforme en la zona situada entre dos placas paralelas que poseen la misma carga, pero distinto signo, cuando la extensión de las placas es grande en comparación con la separación entre ellas. Este dispositivo recibe el nombre de condensador y el vector intensidad del campo eléctrico se dirige desde la placa positiva hacia la negativa siendo su dirección perpendicular a ambas.

En el interior de un campo eléctrico uniforme de intensidad \vec{E} , la fuerza sobre una carga q viene dada por:

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



El trabajo realizado por la fuerza eléctrica uniforme cuando una carga q se desplaza paralelamente al campo una distancia d , viene dado por:

$$W_{\text{elect}} = Fd = Eqd$$

Pero, al ser la fuerza eléctrica conservativa:

$$W_{\text{elect}} = -\Delta E_{\text{pelect}} = -q\Delta V$$

Igualando las dos expresiones anteriores encontramos la relación entre la intensidad de campo y la diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico uniforme:

$$Eqd = -q\Delta V$$

Simplificando:

$$\Delta V = -Ed$$

El signo menos indica que al desplazarnos en la dirección del campo eléctrico, el potencial disminuye.