

## Tema 15.- CAMPO ELÉCTRICO

Las primeras observaciones de la atracción eléctrica fueron realizadas por los antiguos griegos. Éstos observaron que al frotar el ámbar, éste atraía pequeños objetos como pajitas o plumas. ciertamente, la palabra “eléctrico” procede del vocablo griego asignado al ámbar, *elektron*.

### • Naturaleza eléctrica de la materia. Carga eléctrica

La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia, existiendo dos tipos de carga: positiva y negativa. Dos cuerpos con el mismo tipo de carga se repelen, mientras que si tienen distinto tipo de carga, se atraen entre sí.

### • Cuantización y conservación de la carga eléctrica

La carga eléctrica aparece siempre como múltiplo de una carga fundamental o cuanto eléctrico, cuyo valor es:

$$e = 1.602177 \times 10^{-19} \text{ C}$$

que es la carga del electrón, en valor absoluto.

En todos los procesos observados en la Naturaleza, la carga neta o total de un sistema aislado permanece constante.

### • Fuerza eléctrica entre cargas puntuales. Ley de Coulomb

La ley de Coulomb expresa la fuerza eléctrica  $\mathbf{F}$  que ejerce una carga puntual  $q$  sobre otra carga puntual  $q'$ :

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

donde  $\mathbf{r}$  es el vector que con origen en  $q$  y final en  $q'$  y  $\mathbf{u}_r = \mathbf{r}/r$ .  $K$  es la constante:

$$K = 1/4 \epsilon_0 = 9 \times 10^9 \text{ N C}^{-2} \text{ m}^2$$

Esta fuerza es de tipo inverso del cuadrado de la distancia, es atractiva entre cargas de distinto signo y repulsiva entre cargas del mismo signo.

### • Campo eléctrico, principio de superposición y líneas de fuerza

Existe un campo eléctrico en cualquier región donde una carga eléctrica experimenta una fuerza, la cual se debe a la presencia de otras cargas en esa región. El campo eléctrico  $\mathbf{E}$  producido por una distribución de carga es la fuerza  $\mathbf{F}$  ejercida por la distribución sobre una partícula de prueba dividida por el valor de la carga  $q$  de la partícula de prueba:

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

Para una carga puntual:

$$\mathbf{E} = K \frac{q}{r^2} \mathbf{u}_r$$

donde  $\mathbf{u}_r$  es un vector unitario que va de la carga  $q$  al punto donde se evalúa el campo  $\mathbf{E}$ . Para calcular el campo eléctrico creado por un sistema de cargas puntuales se suman los campos eléctricos que crearían cada una de las cargas del sistema por separado (principio de superposición).

Las características espaciales de un campo eléctrico pueden ilustrarse con líneas de fuerza o líneas de campo eléctrico, que son tangentes en cada punto a la dirección de  $\mathbf{E}$  en ese punto.

Las *líneas de campo* eléctrico parten de las cargas positivas y van a parar a las cargas negativas. Un campo *uniforme* tiene la misma intensidad, dirección y sentido en todos los puntos del espacio y se representa por líneas de campo rectilíneas, paralelas y equidistantes.

### • Campo eléctrico creado por una distribución continua de carga

Para una distribución continua de carga (en volumen, superficie o línea) el campo eléctrico se calcula mediante:

$$\mathbf{E} = K \frac{dq}{r^2} \mathbf{u}_r$$

Como ejemplo de aplicación se puede obtener el campo creado por un anillo y por un disco en puntos de sus ejes o el campo creado por un segmento rectilíneo en puntos de su mediatriz.

### • Movimiento de cargas en un campo eléctrico

Si la fuerza eléctrica es la única que afecta a una partícula de masa  $m$  y carga  $q$ , la segunda ley de Newton da para la aceleración  $\mathbf{a} = q\mathbf{E}/m$ . Cuando una partícula se mueve en un campo eléctrico uniforme, su movimiento es descrito por la cinemática del movimiento bajo aceleración constante. En particular resulta de interés estudiar el movimiento de una carga que entra en una región donde hay un campo eléctrico uniforme perpendicular al vector velocidad de la carga.

### • Dipolos eléctricos en campos eléctricos

Un dipolo eléctrico es un sistema de dos cargas eléctricas iguales pero opuestas, separadas por una pequeña distancia  $a$ . Si  $\mathbf{a}$  es el vector que va desde la carga negativa a la carga positiva, se define el *momento dipolar* eléctrico del dipolo como el vector  $\mathbf{p}$ :

$$\mathbf{p} = qa$$

En un campo eléctrico uniforme, la fuerza neta que actúa sobre un dipolo es nula, pero existe un momento dado por:

$$\tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

al situar un dipolo en un campo eléctrico uniforme, el dipolo tiende a alinearse en la dirección del campo. Si  $\mathbf{p}$  y  $\mathbf{E}$  tienen el mismo sentido se tiene una posición de equilibrio estable del dipolo. Si tienen sentido contrario el equilibrio es inestable.

### • Flujo del campo eléctrico. Ley de Gauss

Se define el flujo del campo eléctrico a través de una superficie  $S$  como la integral de superficie del vector campo eléctrico extendida a toda la superficie:

$$\Phi_E = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$$

Cuando se calcula el flujo a través de una superficie cerrada a ésta se la denomina *superficie gaussiana*. Las líneas de campo pueden ser utilizadas para visualizar el flujo a través de la superficie. El flujo total puede ser positivo, negativo o cero. Cuando es positivo, el flujo es saliente y cuando es negativo, es entrante.

La *ley de Gauss* establece que el flujo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual a la carga eléctrica neta encerrada dentro de la superficie dividida por  $\epsilon_0$ :

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

### • Cálculo del campo eléctrico mediante la ley de Gauss

La ley de Gauss puede ser utilizada para encontrar el campo eléctrico producido por distribuciones de carga que posean una alta simetría como líneas infinitas, planos o esferas. El paso crucial de este proceso es la selección de la superficie gaussiana.

### • BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [ALONSO, 1995] *Cap.21: Interacción eléctrica, Cap. 25: El campo eléctrico.*  
[GETTYS, 1991] *Cap. 21: El campo eléctrico, Cap. 22: La ley de Gauss.*  
[TIPLER, 1999] *Cap. 22: Campo eléctrico I: Distribuciones discretas de carga, Cap. 23: Campo eléctrico II: Distribuciones continuas de carga.*