

AC 14 59

El campo electrostático, introducción a las ciencias físico-naturales, fecha de emisión 18 de abril de 1980. El campo electrostático. Vamos a continuar hoy el desarrollo del tema que iniciamos en la emisión anterior y que terminamos con algunas precisiones sobre las características que definen el campo eléctrico.

Recordemos previamente que las fuerzas que se ejercen entre cargas eléctricas pueden describirse considerando las cargas situadas en un campo eléctrico. Dicha región posee propiedades especiales a causa de la presencia de las cargas. Se define el campo eléctrico como una región en la cual se ejerce una fuerza sobre cualquier carga que a ella se lleve.

Análogo al campo eléctrico es el campo gravitatorio terrestre. Un cuerpo situado en el campo gravitatorio terrestre se haya sometido a dicho campo. La fuerza es el peso del cuerpo.

Podríamos recordar estas características generales. Un campo eléctrico tiene como características importantes la dirección, el sentido y la intensidad. La dirección y el sentido de un campo eléctrico en un punto se definen como la dirección y el sentido de la fuerza que se ejercería sobre la unidad positiva de carga situada en dicho punto.

En el caso del campo gravitatorio terrestre, la dirección y el sentido de la fuerza que se ejerce sobre una masa próxima a la Tierra es la vertical dirigida hacia el centro de la Tierra. En el caso del campo eléctrico, en la proximidad de una carga positiva, la fuerza que se ejercería sobre una carga positiva de prueba estaría dirigida en el sentido de alejamiento de la carga que origina el campo. Mientras que si ésta fuera negativa, la fuerza estaría dirigida hacia ella.

Antes de profundizar más en todo lo que se refiere al campo eléctrico, es necesario recordar la ley de Coulomb de la electrostática y las unidades electrostáticas que se definen según esta ley, pues en todo ello hemos de basarnos para establecer magnitudes y unidades relativas al campo eléctrico. La ley de Coulomb dice que la fuerza F que se ejerce entre dos cargas puntuales Q y Q' es directamente proporcional a dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia S que las separa y es función de la naturaleza del medio que rodea las cargas. Simbólicamente la ley de Coulomb es F igual a K multiplicado por el cociente entre las cargas Q y Q' y partido por S al cuadrado, donde se introduce el factor dimensional K para tener en cuenta las unidades de F , Q y S , así como para tener en cuenta las propiedades del medio que rodea las cargas en cuanto estas propiedades afecten a la fuerza entre cargas.

En electrostática se emplean dos sistemas de unidades, el sistema internacional y el sistema de unidades electrostáticas CGS, denominado UES. En la ecuación de la ley de Coulomb aparecen dos nuevos conceptos que definir, los representados por los símbolos K y Q . En el sistema UES se toma arbitrariamente a K como fundamental, asignándole el valor de una dina por centímetro cuadrado por unidad de carga al cuadrado para el vacío. La UES de carga es el stat Coulomb o Franklin, que se define como una carga puntual que al colocarla en el vacío en

presencia de otra igual situada a una distancia de un centímetro, la repele con la fuerza de una dina.

Recordemos cómo se procede en el sistema internacional. En el sistema internacional ha resultado conveniente hacer la sustitución K igual a uno partido por cuatro pi epsilon y escribir la ley de Coulomb en la forma F igual al cociente de uno partido por cuatro pi epsilon y todo ello multiplicado por QQ' partido por S al cuadrado. El símbolo epsilon representa la permitividad del medio que rodea las cargas y se le puede considerar como una medida de la propiedad del medio que determina las fuerzas que ejercen las cargas que se hallan en él.

En el sistema internacional el concepto de carga se considera como derivado del concepto de corriente eléctrica cuya unidad es el amperio y entonces la unidad de carga es el Coulombio que es la carga que atraviesa en un segundo una sección recta de un conductor recorrido por una corriente de un amperio de intensidad. Si tomamos el Coulombio como unidad de carga el valor de la permitividad del vacío epsilon sub cero es ocho con ochenta y cinco por diez elevado a menos doce a lo que corresponde un valor de K igual a nueve por diez elevado a nueve. La permitividad en el aire es prácticamente igual que en el vacío.

En este punto podríamos hacer ya una descripción del campo eléctrico. Para la descripción del campo eléctrico se utiliza la característica vectorial de su fuerza que recibe el nombre de intensidad del campo eléctrico. En cada punto del campo la intensidad E tiene una dirección definida y su valor numérico correspondiente.

Al desplazarse de un punto a otro del campo en tal forma que las direcciones de los vectores que representan la intensidad del campo sean siempre las tangentes a la dirección del recorrido las trayectorias que así obtendremos reciben el nombre de líneas de fuerza del campo. Las líneas de fuerza son una manera muy cómoda de representar el campo eléctrico en forma gráfica. Precisemos ahora más lo que se refiere a la intensidad del campo y sus unidades.

Se define la intensidad del campo eléctrico en un punto como la fuerza por unidad positiva de carga de prueba situada en dicho punto. E es igual a F partido por Q donde E es la intensidad del campo eléctrico y F es la fuerza que se ejerce sobre la carga positiva de prueba Q situada en el punto en cuestión. Es importante señalar que la intensidad de campo eléctrico es siempre una cantidad vectorial.

En consecuencia la resultante de dos o más intensidades de campo se obtendrá sumando vectorialmente las distintas intensidades de campo y también que cuando cerca de un punto haya varias cargas la intensidad de campo en dicho punto será la suma vectorial de las intensidades componentes. En cuanto a las unidades de intensidad de campo tenemos las siguientes. En el sistema internacional la unidad de intensidad de campo es el Newton por Colombio.

La Ues de intensidad de campo es la Dina por Stat Colombio. Se calcula fácilmente que una Ues

de intensidad de campo es 3 por 10 elevado a 4 veces mayor que la correspondiente unidad internacional, Newton por Colombio. Sería interesante dar algún ejemplo que nos permitiera apreciar la magnitud de estas unidades y lo mismo referido a un campo eléctrico en comparación con otro campo de fuerzas como puede ser el gravitatorio.

El campo eléctrico en el espacio comprendido entre los electrodos de un tubo luminoso es de 3,25 por 10 elevado a 4 Newton por Colombio. Si situamos un protón en este campo eléctrico se puede demostrar teniendo en cuenta su masa que la fuerza a que está sometido es 3,17 por 10 elevado a 11 veces mayor que su peso. Es decir, la fuerza ejercida por un campo eléctrico es mucho mayor que la debida a un campo gravitatorio.

Ahora hablaremos sobre las líneas de fuerza de un campo eléctrico. La dirección de los campos eléctricos en distintos puntos puede representarse gráficamente mediante líneas de fuerza. Una línea de fuerza en un campo eléctrico es una línea trazada de manera que su tangente en uno cualquiera de sus puntos indique la dirección del campo eléctrico.

Como ejemplo de esta definición hagamos el gráfico siguiente. Dibujemos sobre el papel dos pequeños círculos algo separados, A y B, que representan dos pequeñas esferas en el espacio. Estas dos esferas las suponemos con cargas de igual magnitud pero de signos opuestos.

Entre los dos círculos dibujamos un conjunto simétrico de líneas curvas que van de uno a otro señalando a manera de flechas que van de la carga positiva a la negativa. El conjunto obtenido representa una sección plana del campo eléctrico existente. En un punto cualquiera el campo es el resultante de los dos campos componentes debido a las cargas situadas en A y B. En un punto cualquiera que nosotros señalemos en este gráfico la dirección de la fuerza resultante sobre una carga positiva sería la de la tangente a la línea de fuerza que pasa por dicho punto, tomada en el sentido de flecha señalado en el conjunto de las líneas de fuerza.

¿Cómo sería la representación gráfica si las cargas son del mismo signo? Si las dos cargas en A y B son iguales pero del mismo signo, las líneas de fuerza salen de los pequeños círculos en direcciones contrarias y se repelen cambiando de sentido a la mitad de su recorrido, todo ello en un conjunto simétrico. ¿Y en el caso de que las cargas no sean iguales? Cuando las cargas en A y B no son iguales, el dibujo representativo de las líneas de fuerza es semejante pero asimétrico, de tal forma que refleje esta asimetría los distintos valores de las cargas en A y B. Otro concepto que hay que conocer es el de flujo eléctrico que está relacionado con las líneas de fuerza y la intensidad del campo. Digamos que frecuentemente suele convenir representar gráficamente la intensidad además de la dirección del campo eléctrico mediante líneas de fuerza, flujo eléctrico.

Para ello se conviene que la intensidad de campo en un punto del espacio viene representada por un número de líneas de fuerza por unidad de superficie normal al campo en la proximidad de dicho punto. Se entiende por densidad de flujo eléctrico D el número de líneas de fuerza por unidad de superficie normal a la dirección del campo. Donde sea grande la intensidad del campo, las líneas de fuerza estarán apretadas.

Donde sea menos intenso, las líneas de fuerza estarán separadas. Se tendrá D es igual a ψ partido por $A \text{ sub } n$. La densidad del flujo D es igual a ψ , número total de líneas de fuerza que atraviesan la superficie, dividido por $A \text{ sub } n$, que es el área normal al campo en el punto considerado. Para terminar la emisión sobre este tema, pasemos ahora al estudio del potencial eléctrico que está íntimamente relacionado con los niveles energéticos en el campo eléctrico.

Si en un campo eléctrico creado por una carga positiva se lleva otra carga de prueba positiva Q de un punto B a otro C , que está más cerca que B de la carga que crea el campo, se realizará un trabajo contra las fuerzas del campo que es independiente del camino seguido. Si después se lleva la carga Q de C a B , el campo realizará un trabajo sobre ella que será igual al anterior. Este proceso es análogo al de la masa que se mueve en un campo gravitatorio.

El trabajo realizado al elevar un objeto a cierta altura puede recuperarse cuando desciende. Según esto, se considera que el trabajo se acumula en forma de energía potencial a la altura considerada. Por ello, podemos decir que cuando un agente exterior efectúa un trabajo para llevar una carga de un punto a otro de un campo eléctrico, se almacena una energía potencial.

Por esta razón, el campo eléctrico estático es un campo conservativo y el principio de conservación de la energía es aplicable al movimiento de cuerpos cargados en dicho campo. La diferencia de potencial entre dos puntos es el trabajo realizado al transportar la unidad de carga de un punto a otro. V es igual a W partido por Q . La diferencia de potencial es igual al trabajo realizado partido por la carga transportada.

La unidad de diferencia de potencial es el voltio, que se define como la diferencia de potencial existente entre dos puntos tales que para llevar de uno a otro la carga de un colombio hay que realizar el trabajo de un julio. El potencial en un punto es la diferencia de potencial entre dicho punto y otro cuyo potencial se toma arbitrariamente nulo. Se atribuye el potencial cero en unos casos al potencial de la Tierra.

En otros casos se le atribuye al potencial de un punto muy alejado de todas las cargas, es decir, el infinito. Terminamos aquí nuestras consideraciones sobre el campo eléctrico. Nos agradecería haber expuesto con claridad las ideas fundamentales.