

## DIFERENCIA DE POTENCIAL Y POTENCIAL ELÉCTRICO

### Cambio de Energía Potencial:

La cantidad  $U/q_o$  recibe el nombre de potencial eléctrico o simplemente el potencial,  $V$ . El potencial eléctrico en cualquier punto en un campo eléctrico es:

$$V = U/q_o$$

El potencial eléctrico es una cantidad escalar.

### Diferencia de Potencial:

La diferencia de potencial,  $\Delta V = V_b - V_a$ , entre los puntos  $A$  y  $B$ , se define como el cambio de la energía potencial dividida entre la carga de prueba  $q_o$

$$\Delta V = \Delta U/q_o = - \int E ds$$

La diferencia de potencial  $\Delta V$  es igual al trabajo por carga unitaria que un agente externo debe efectuar para mover una carga de prueba de  $A$  a  $B$  sin cambio en la energía cinética de la carga de prueba.

### Definición de un Volts:

Puesto que la diferencia de potencial es una medida de la energía por unidad de carga, la unidad del SI del potencial es joules por coulomb, definido igual a una unidad llamada el volt (V):

$$1V = 1J / 1C$$

Es decir, 1J de trabajo debe efectuarse para llevar una carga de 1C a través de una diferencia de potencial de 1V.

### El Electrón volt:

Se define como la energía que un electrón o protón gana o pierde al moverse a través de una diferencia de potencial de 1V.

$$1eV = 1.60 \times 10^{-19} J$$

## DIFERENCIA DE POTENCIAL EN UN CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME

El trabajo hecho al llevar la carga de prueba de un punto  $A$  a un punto  $B$  es el mismo a lo largo de toda la trayectoria. Esto confirma que un campo eléctrico uniforme y estático es conservativo.

$$V_b - V_a = \Delta V = - \int E ds = -Ed$$

El signo menos es el resultado del hecho de que el punto  $B$  está a un potencial menor que el punto  $A$ ; es decir  $V_b < V_a$ . Las líneas de campo eléctrico siempre apuntan en la dirección de potencial eléctrico decreciente.

Una carga de prueba  $q$  se mueve de  $A$  a  $B$ .

$$\Delta U = q_o \Delta V = -q_o E d$$

A partir de este resultado, vemos que si  $q_o$  es positiva,  $\Delta U$  es negativa. Esto significa que un campo eléctrico realiza trabajo sobre una carga positiva cuando esta se mueve en la dirección del campo eléctrico. Conforme la partícula cargada gana energía cinética, el campo pierde una cantidad igual de energía potencial.

Si la carga de prueba  $q_o$  es negativa, entonces  $\Delta U$  es positiva y la situación se invierte. Una carga negativa gana energía potencial eléctrica cuando se mueve en la dirección del campo eléctrico.

Todos los puntos en un plano perpendicular a un campo eléctrico uniforme están al mismo potencial.

### **Superficie Equipotencial:**

Este nombre se da a cualquier superficie compuesta de una distribución continua de puntos que tienen el mismo potencial eléctrico. Puesto que  $\Delta U = q_o \Delta V$ , no se realiza trabajo al mover una carga de prueba entre los puntos cualesquiera en una superficie equipotencial.

## **POTENCIAL ELECTRICO Y ENERGÍA POTENCIAL DEBIDO A CARGAS PUNTUALES**

Para determinar el potencial eléctrico en un punto del campo localizado a una distancia  $r$  de la carga, empezamos con la definición general para la diferencia de potencial:

$$V_b - V_a = - \int E ds$$

La cantidad  $E ds$  puede expresarse como

$$E ds = (Ke q/r) r ds$$

### **Potencial Eléctrico de una carga puntual:**

El potencial eléctrico debido a una carga puntual a cualquier distancia  $r$  de la carga es

$$V = Ke q/r$$

Las superficies equipotenciales sobre las cuales  $V$  permanece constante, para una carga puntual aislada se compone de una familia de esferas concéntricas con la carga.

### **El potencial eléctrico de varias cargas puntuales:**

El potencial eléctrico de dos o más cargas puntuales se obtiene aplicando el principio de superposición. Para un grupo de cargas, podemos escribir el potencial total en P en la forma:

$$V = Ke \sum_i q_i /r_i$$

El trabajo es igual a la energía potencial  $U$  del sistema de dos partículas cuando éstas están separadas por una distancia  $r$ , podemos expresar la energía potencial como

$$U = q_2 V_1 = Ke q_1 q_2 / r_{12}$$

Si en el sistema hay más de dos partículas cargadas la energía potencial total puede obtenerse calculando  $U$  para cada par de cargas y sumando los términos algebraicamente.

$$U = Ke ( q_1 q_2 / r_{12} + q_1 q_3 / r_{13} + q_2 q_3 / r_{23} )$$

## OBTENCIÓN DE E A PARTIR DEL POTENCIAL ELÉCTRICO

Podemos expresar la diferencia de potencial  $dV$  entre dos puntos separados una distancia  $ds$  como:

$$dV = -E ds$$

Si la distribución de carga tiene simetría esférica, donde la densidad de carga depende solo de la distancia radial  $r$ , entonces el campo eléctrico es radial. En este caso,  $E ds = E dr$ , por lo que podemos expresar  $dV$  en forma  $dV = -E dr$ . Por lo tanto,

$$Er = -dV/dr$$

Cuando una carga de prueba es desplazada por un vector  $ds$  ubicada dentro de cualquier superficie equipotencial, entonces, por definición,  $dV = -E ds = 0$ . Esto muestra que las superficies equipotenciales deben ser siempre perpendiculares a las líneas de campo eléctrico

En general, el potencial eléctrico es una función de las tres coordenadas. Si  $V(r)$  está dada en términos de coordenadas rectangulares, las componentes del campo eléctrico  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $E_z$  pueden encontrarse fácilmente en  $V(x,y,z)$ :

$$E_x = -\partial V/\partial x \quad E_y = -\partial V/\partial y \quad E_z = -\partial V/\partial z$$

En estas expresiones las derivadas se denominan derivadas parciales. En la operación  $dV/dx$ , tomamos una derivada respecto de  $x$  mientras  $y$ ,  $z$  se mantienen constante.

## POTENCIAL ELÉCTRICO DEBIDO A DISTRIBUCIONES DE CARGA CONTÍNUAS

El potencial  $dV$  en algún punto  $P$  debido al elemento de carga  $dq$  es

$$dV = Ke dq/r$$

donde  $r$  es la distancia del elemento de carga al punto  $P$ .

Podemos expresar  $V$  como:

$$V = Ke \int dq/r$$

Si la distribución de carga es altamente simétrica, evaluamos primero  $E$  en cualquier punto usando la ley de Gauss y después sustituimos el valor obtenido en la ecuación

$\Delta V = - \int E ds$  , para determinar la diferencia de potencial entre los puntos cualesquiera. Después elegir  $V = 0$  en cualquier punto conveniente.

### **POTENCIAL DE UN CONDUCTOR CARGADO**

Cada punto sobre la superficie de un conductor cargado en equilibrio está al mismo potencial. La diferencia de potencial entre  $A$  y  $B$  es necesariamente 0:

$$V_a - V_b = - \int E ds = 0$$

Este resultado se aplica a dos puntos cualesquiera sobre la superficie. Por tanto,  $V$  es constante en todos los puntos sobre la superficie de un conductor cargado en equilibrio.

No se requiere trabajo para mover una carga de prueba del interior de un conductor cargado a su superficie. El potencial no es cero en el interior del conductor aun cuando el campo eléctrico sea cero.

### **EN UNA ANALOGÍA DEL AGUA CON EL CIRCUITO ELÉCTRICO:**

*LA FUENTE* correspondería a una bomba de agua, o llave de paso principal, la cual suministra el agua a la residencia.

*LA RESISTENCIA* podría ser los grifos o plumas abiertas que consumen agua de la residencia.

*LA CARGA* sería el agua que fluye por las tuberías.

*LA DIFERENCIA DE POTENCIAL* corresponde a los galones de agua consumidos o utilizados en un grifo determinado.

*EL CONDUCTOR* no son más que las tuberías que componen el sistema de plomería de la residencia.