

Tema 3: Potencial Eléctrico

Fundamentos Físicos y Electrónicos de la Informática

Introducción

En Física, un mismo problema pueda ser abordado de formas diferentes. Por ejemplo, en mecánica los problemas pueden ser resueltos en términos de fuerzas o usando las energías que entran en juego.

Cuando existen varias opciones para resolver un problema, lo más sensato es buscar la forma más fácil.

Igualmente, el empleo de la energía permite un planteamiento alternativo de los problemas de electrostática al uso de fuerzas y campos, que con frecuencia es más cómodo.

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

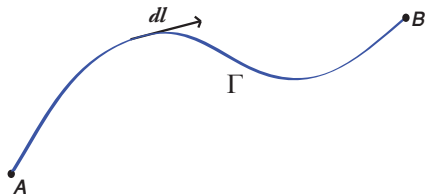
Una fuerza \mathbf{F} sobre un objeto que se desplaza una distancia $d\mathbf{l}$, realiza un trabajo $\mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$.

$d\mathbf{l}$: vector de desplazamiento infinitesimal

Si queremos calcular el trabajo al mover el objeto de un punto A a otro B a lo largo del camino Γ debemos sumar todas las contribuciones infinitesimales a lo largo de la trayectoria deseada

$$W = \int_{A,\Gamma}^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$$

($\int_{\Gamma} \equiv$ integral en línea)



El trabajo es una magnitud escalar que se expresa en unidades de energía, en el SI es el julio (J).

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

El trabajo que realiza un campo electrostático para mover una carga puntual q desde el punto A hasta otro B , viene dado por

$$W = \int_A^B q \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = q \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}.$$

La fuerza electrostática es conservativa, así que el trabajo realizado es independiente del camino intermedio, dependiendo única y exclusivamente del punto inicial y final.

Toda fuerza conservativa lleva asociada una energía potencial, U . De manera que el trabajo realizado por escribirse como la variación (con signo negativo) de la energía potencial, $\Delta U = -W$

$$\Delta U = U_B - U_A = -q \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}.$$

ΔU , es proporcional a la magnitud de la carga que se desplaza, q .

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

Si una carga se mueve de un punto A a otro B , el trabajo sobre la carga viene dado por $W = -\Delta U = U_A - U_B$.

- ▶ Si $U_A > U_B \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow W > 0$: la carga 'cae' de un punto con mayor energía a otro con menor, el sistema pierde energía que es el trabajo que el campo realiza llevarla carga de A a B . *(Esto es lo que pasaría si colocamos una carga negativa en el campo creado por una positiva)*
- ▶ Si $U_A < U_B \Rightarrow \Delta U > 0 \Rightarrow W < 0$: habría que 'subir' la carga de un punto A a otro B en el que la energía es mayor, en este caso es necesario aplicar una fuerza externa que realiza un trabajo que se invierte en incrementar la energía del sistema. *(Por ejemplo, al empujar dos cargas positivas para acercarlas)*

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

Ejemplo 1: Recordad que el símbolo \oint se usa para representar que el dominio de integración es cerrado, por ejemplo, la integral de un vector sobre una trayectoria o camino cerrado, esto es, que empieza y acaba en un mismo punto se llama circulación.

¿ Cuánto vale la circulación del campo eléctrico, $\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$, sobre una trayectoria cerrada, C ?.

Sol. $\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

Sea una carga q en punto A donde existe un campo eléctrico.

El potencial eléctrico en dicho lugar, V_A , es la la energía potencial en el punto por una unidad de carga, $V_A = U_A/q$

El potencial eléctrico V , no depende q , y es una propiedad del punto A (se dice que es un campo escalar).

Variación del potencial eléctrico, diferencia de potencial o simplemente potencial entre dos puntos A y B se define

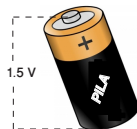
$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} = \frac{U_B - U_A}{q} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l},$$

es el cambio en energía potencial en el sistema al mover una carga de prueba q entre los puntos, dividido entre la carga de prueba

Unidad del potencial eléctrico en el SI es el voltio, $1 \text{ V} = \text{J/C} = \text{N m/C}$.

Energía potencial eléctrica y diferencia de potencial

Un ejemplo de diferencia de potencial se produce entre los extremos de una pila



Ejemplo 2: Cuando se trabaja con partículas elementales, como el electrón, los valores de las energías en juego son muy bajas, y el uso del julio (J) como unidad de energía puede resultar incomodo. Se introducen, entonces, otras unidades de energía más prácticas, como por ejemplo, el electrón-voltio (eV), que se define como el trabajo realizado para trasladar una carga igual a la de un electrón entre dos puntos entre los que hay una diferencia de potencial de 1 Voltio. ¿ Cuantos julios son un electrón voltio?

Sol. $1eV = 1,6 \times 10^{-19} J$

Diferencia de potencial en un campo elec. uniforme

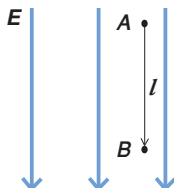
Si el campo eléctrico es conocido puede hallarse la dif. de potencial

Caso sencillo : Supongamos un **campo eléctrico uniforme**
(aquel que tiene igual magnitud y dirección en todos los puntos)

E uniforme, y dos puntos *A* y *B*
separados por una distancia $|\mathbf{l}| = l$,
donde el vector $\mathbf{l} \parallel \mathbf{E}$

$$\Delta V = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -E \int_A^B dl = -El$$

$E, l > 0 \Rightarrow \Delta V = V_B - V_A < 0$,
(*B* tiene menor potencial que el *A*).



El campo eléctrico *E* (y las líneas de campo) apunta en la dirección en que se disminuye el potencial eléctrico

Diferencia de potencial en un campo elec. uniforme

Supongamos que una carga q se mueve desde A hacia B , la variación de energía potencial es

$$\Delta U = q\Delta V = -qEl.$$

- ▶ Si $q > 0 \Rightarrow \Delta U < 0$, es decir, *una carga positiva en un campo eléctrico pierde energía potencial cuando se mueve en la dirección del campo*. El campo eléctrico realiza este trabajo.
- ▶ Si $q < 0 \Rightarrow \Delta U > 0$, es decir, para que la carga negativa se mueva en la dirección opuesta al campo debe de haber una fuerza externa que realice un trabajo sobre la carga para incrementar su energía potencial.

Diferencia de potencial en un campo elec. uniforme

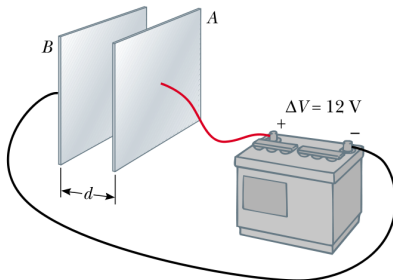
Ejemplo 3: La evolución natural de cualquier sistema físico es la tender a la mínima energía. Si dejamos un electrón en una región del espacio en las que se distinguen zonas a mayor potencial y otras a menor potencial, ¿ cuál será el movimiento del electrón ?.

Sol. El electrón se moverá siempre de manera que disminuya su energía potencial, esto es de zona de menor potencial a zona de mayor potencial. (El movimiento de un protón sería el inverso)

Diferencia de potencial en un campo elec. uniforme

Ejemplo 4: (Una batería tiene una diferencia de potencial específica entre sus terminales y se establece dicha diferencia de potencial entre cualesquiera conductores unidos a las terminales.) Una batería de 12 V se conecta entre dos placas paralelas, como muestra la figura. La separación entre placas es $d=0.3$ cm, y se supone que el campo eléctrico entre las placas es uniforme. Encuentre la magnitud del campo entre las placas..

Sol. $4,0 \times 10^3$ V/m



Potencial de una carga puntual

Una carga puntual q_0 produce un campo $\mathbf{E} = k \frac{q_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$.

Usando $\Delta V = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$, y que $V(\infty) = 0$, podemos encontrar

el potencial eléctrico debido a una carga puntual q_0

$$V = k \frac{q_0}{r}$$

Si una segunda carga q se sitúa a una distancia r de la carga q_0 , la energía potencial es

$$U(r) = qV(r) = k \frac{qq_0}{r}. \quad (1)$$

que se puede ver como el trabajo realizado por el campo eléctrico cuando la carga q se traslada de una distancia r a una distancia infinita (∞) de q_0 , o alternativamente como el trabajo que debe realizar una fuerza externa aplicada para trasladar la carga desde el infinito a una distancia r de q_0 .

Potencial de una carga puntual

Ejemplo 5: (a) ¿Cuál es el potencial eléctrico a una distancia $r = 0,529 \times 10^{-10}$ m de un protón? (Esta es la distancia media entre un protón y el electrón en el átomo de hidrógeno.). b) ¿Cuál es la energía potencial del electrón y el protón a esta separación?

Sol. a) 27.2 V; b) $-4,35 \times 10^{-18}$ J

El potencial eléctrico debido a un sistema de n cargas puntuales ($q_i, i = 1, \dots, n$) es la suma de cada uno de los potenciales debidos a cada carga (*Principio de superposición*)

$$V(r) = \sum_i^n k \frac{q_i}{r_i}, \quad (2)$$

donde r_i es la distancia entre el punto donde se quiere calcular el potencial y la carga q_i .

Campo eléctrico y potencial

Campo eléctrico y potencial están relacionados

- ▶ las líneas de campo señalan la dirección del potencial decreciente
- ▶ si conocemos \mathbf{E} podemos determinar $\Delta V \Rightarrow \Delta V = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$.

Igualmente si conocemos el potencial V en una región del espacio se puede determinar el \mathbf{E}

Por ejemplo: Supongamos un desplazamiento diferencial $d\mathbf{l} \Rightarrow$ y un campo eléctrico solo tiene una componente E_x , entonces la diferencia de potencial es $dV = -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -E_x dx$, que se puede reescribir como

$$E_x = -\frac{dV}{dx},$$

es decir, para este caso particular, el campo eléctrico es igual a menos la derivada respecto a x del potencial eléctrico.

Campo eléctrico y potencial

El campo eléctrico está relacionado con la dirección de la máxima variación del potencial eléctrico.

En general, la componente del campo eléctrico en cualquier dirección es igual a menos la rapidez con que cambia el potencial eléctrico en esa dirección.

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}, \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}.$$

Campo eléctrico y potencial

Ejemplo 6: Determinar el campo eléctrico para una función potencial eléctrico $V(x)$ que viene dada por
 $V(x) = 100\text{V} - (25\text{V/m})x$

Sol. $E = 25 \text{ V/m } \hat{i}$

Ejemplo 7: Ya vimos que un conductor en equilibrio electrostático se caracteriza porque el campo eléctrico en cualquier punto del interior es nulo. Según esto, ¿ qué se puede afirmar sobre el potencial V dentro de un conductor? .

Sol. El potencial V dentro de un conductor es constante.