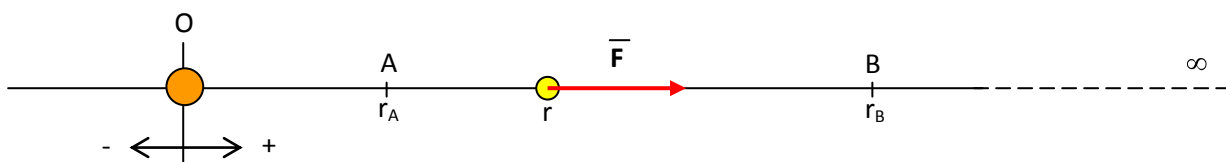


ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA, POTENCIAL ELÉCTRICO Y RELACIÓN ENTRE CAMPO Y POTENCIAL

1) ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA DEL SISTEMA FORMADO POR DOS CARGAS PUNTUALES

Consideramos un sistema formado por dos cargas puntuales, inicialmente en reposo y separadas por una cierta distancia, r . Para deducir la fórmula que calcula la energía potencial eléctrica de las dos cargas, vamos a considerar el caso en que ambas son del mismo signo positivo, y supondremos que una de ellas (Q , dibujada un poco más grande) está fija, y que la otra (q , dibujada más pequeña) se puede mover bajo la acción del campo eléctrico creado por Q .



Si se deja al sistema evolucionar libremente la fuerza de repulsión eléctrica entre las cargas hace que se vayan separando, con el consiguiente aumento de energía cinética a costa de disminuir la energía potencial eléctrica. Para un desplazamiento de la carga q (impulsada por la fuerza de repulsión eléctrica que le hace, Q) desde un cierto punto A hacia otro punto B, el trabajo que realiza la fuerza eléctrica es:

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_A^B K \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot dr \quad (1)$$

Este trabajo es igual a la disminución de energía potencial del sistema:

$$W = -\Delta E_p = -(E_{pB} - E_{pA}) \quad (2)$$

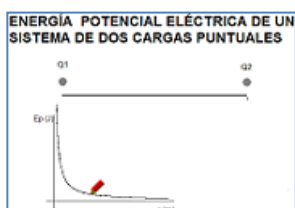
Al igualar (1) y (2), se obtiene:

$$(E_{pA} - E_{pB}) = \left(K \frac{Q \cdot q}{r_A} \right) - \left(K \frac{Q \cdot q}{r_B} \right)$$

De donde se deduce que la energía potencial del sistema es: $E_p = K \frac{Q \cdot q}{r} + C$

El convenio habitual es asignar el valor 0 a la energía potencial del sistema para una separación infinita de las cargas, de modo que la constante $C = 0$ y la energía potencial del sistema queda:

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



Esta fórmula dice que la energía potencial es positiva cuando las cargas tienen el mismo signo (se repelen) y negativa cuando tienen signos opuestos (se atraen, y se dice que el sistema está ligado). Para reforzar estos conceptos, se aconseja usar una animación *Modellus*, disponible en la página Web del Departamento. Calcula esta energía potencial para cualquier distancia y considera los dos casos.

2) POTENCIAL ELÉCTRICO

El potencial del campo eléctrico en un punto se define como una magnitud cuyo valor coincide con el de la energía potencial que tendría el sistema cuando en ese punto del campo se colocara una unidad de carga positiva. De acuerdo con esto, el procedimiento seguido para obtener el valor del potencial eléctrico en cualquier punto alrededor de una carga, Q , comienza colocando ahí una pequeña carga de prueba o carga testigo, q . Seguidamente se ha de dividir la energía potencial del sistema obtenido (formado por ambas cargas, Q y q) entre la carga testigo, q . Es decir:

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

Se aprecia el significado físico de esta magnitud, al considerar el trabajo mínimo que se realiza en el traslado de una carga, q , desde un cierto punto A hasta otro B. Si se realiza en contra de las fuerzas del campo, dicho trabajo es positivo y vale:

$$W_{AB} = (E_{pB} - E_{pA}) = q \cdot (V_B - V_A)$$

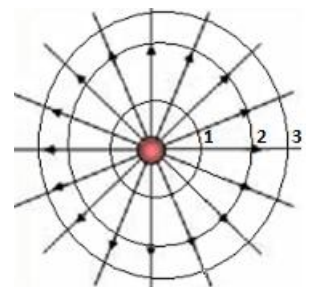
Por tanto, podemos afirmar que el valor numérico de la diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico A y B:

- Si es positiva es igual al trabajo mínimo necesario que habría que realizar para llevar a la unidad de carga desde A hasta B (en contra de las fueras del campo)
- Si es negativa es igual a la disminución de energía potencial que se produce en el sistema cuando la unidad de carga positiva se traslada desde A hasta B (llevada por las fuerzas del campo).

3) RELACIÓN ENTRE CAMPO Y POTENCIAL

Las conclusiones obtenidas en el apartado anterior, implican que toda carga, q , positiva que se abandone libremente en el seno de un campo eléctrico, se moverá espontáneamente hacia potenciales decrecientes. Esto quiere decir que el campo eléctrico también se dirige del mismo modo y, por tanto, sus líneas de fuerza atraviesan a las zonas equipotenciales (perpendicularmente a ellas) y en el sentido de dirigirse de mayor a menor potencial.

Esta relación entre las líneas del campo eléctrico y las superficies equipotenciales se puede ilustrar gráficamente, como se muestra, a modo de ejemplo en el dibujo adjunto, para el caso del campo creado por una carga puntual de signo positivo. Para este caso particular, las líneas de fuerza del campo eléctrico forman un haz que emerge de la carga en todas las direcciones y se dirige hacia el exterior. Las superficies equipotenciales son superficies esféricas (ordenadas de mayor a menor potencial como 1, 2 y 3) con centro en la carga.



Para encontrar una expresión operativa que dé cuenta de la relación entre el campo y la diferencia de potencial, escribimos en forma diferencial la fórmula que relaciona el trabajo eléctrico que realizan las fuerzas del campo cuando se traslada una carga, q , desde un punto A hasta otro punto B:

$$W_{AB} = -q \cdot (V_B - V_A) \rightarrow W_{AB} = -q \int_A^B dV \quad (1)$$

En función de la fuerza eléctrica que lleva a la carga (y, por tanto, del campo eléctrico), el mismo trabajo se expresa:

$$W_{AB} = \int_A^B F_t \cdot de = \int_A^B qE_t \cdot de = q \int_A^B E_t \cdot de \quad (2)$$

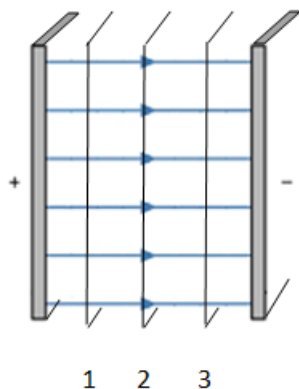
Igualando (1) y (2) se obtiene la relación entre el campo y el incremento de potencial:

$$-dV = E_t \cdot de \rightarrow E_t = -\frac{dV}{de}$$

E_t representa a la componente del campo, que atraviesa perpendicularmente a la superficie equipotencial a lo largo de la dirección e , perpendicular a dicha superficie. El signo menos recuerda que lo hace dirigiéndose en el sentido hacia donde decrece el potencial.

4) CAMPO Y POTENCIAL EN UN CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME

En el seno de un campo eléctrico uniforme, como el que puede haber entre las placas de un condensador cargado, las líneas del campo son paralelas, E , vale lo mismo en todos los puntos, y las superficies equipotenciales son superficies planas, perpendiculares al campo.



En esta situación, el trabajo eléctrico realizado cuando el campo lleva a una carga positiva, por ejemplo, desde un punto de la superficie 1 hasta otro punto de la superficie 2, es:

$$W_{12} = q \cdot (V_2 - V_1) \quad (1)$$

Como el campo eléctrico, E , es uniforme, este trabajo también es igual a:

$$W_{12} = F \cdot d = q \cdot E \cdot d \quad (2)$$

De modo, que igualando (1) y (2), se obtiene:

$$(V_2 - V_1) = E \cdot d \rightarrow E = \frac{\Delta V}{d}$$

La fórmula prever la intensidad del campo eléctrico a producir entre las placas del condensador plano en función de la tensión que se aplique a las placas y las distancia entre ellas. Como se explica en otro documento, el proceso de carga de un condensador para cada tensión está limitado por su capacidad mayor o menor de acumular carga en cada placa.