

EL CAMPO ELÉCTRICO

La interacción Eléctrica es del mismo tipo que la interacción gravitatoria,

$$\vec{F}_g = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}; \quad \vec{F}_e = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Ambas son fuerzas de acción a distancia, y la estructura de las ecuaciones es idéntica. Por tanto, todo lo que dijimos en el tema anterior referente al Campo gravitatorio, es válido para la interacción eléctrica.

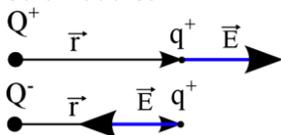
Así, un cuerpo cargado crea a su alrededor un campo vectorial, el Campo Eléctrico. La magnitud responsable de este campo es la carga eléctrica, de modo que, por el mero hecho de que un cuerpo tenga carga, las propiedades del entorno se modifican y las cargas próximas notan su efecto.

Intensidad de Campo Eléctrico

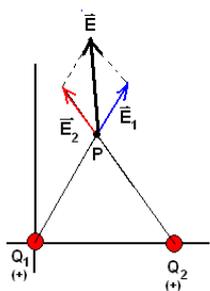
Cualquier carga eléctrica genera a su alrededor una zona donde actúa una fuerza eléctrica sobre una carga situada en cualquier punto de dicha zona. A esta región del espacio perturbada por la presencia de una carga eléctrica se le denomina campo eléctrico. Se define Intensidad de campo eléctrico en un punto, E , a la fuerza que ejerce la carga creadora de campo (Q) sobre la unidad de carga positiva situada en dicho punto. Su unidad en el S.I. es el N/C

$$\vec{E}_e = \frac{\vec{F}_e}{q'} \quad \vec{E}_e = \frac{\vec{F}_e}{q'} = \frac{K \cdot \frac{q \cdot q'}{r^2} \cdot \vec{u}_r}{q'} = K \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{u}_r \quad F = q \cdot E$$

Su unidad es $\vec{E}_e \rightarrow \frac{N}{C}$.



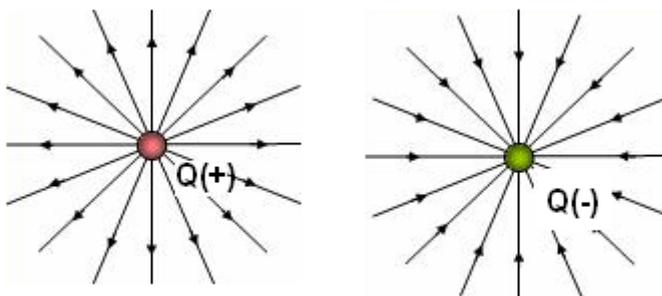
Como ocurre con la fuerza, si hay varias cargas creadoras de campo en un punto, se ha de proceder sumando vectorialmente la contribución de cada magnitud.

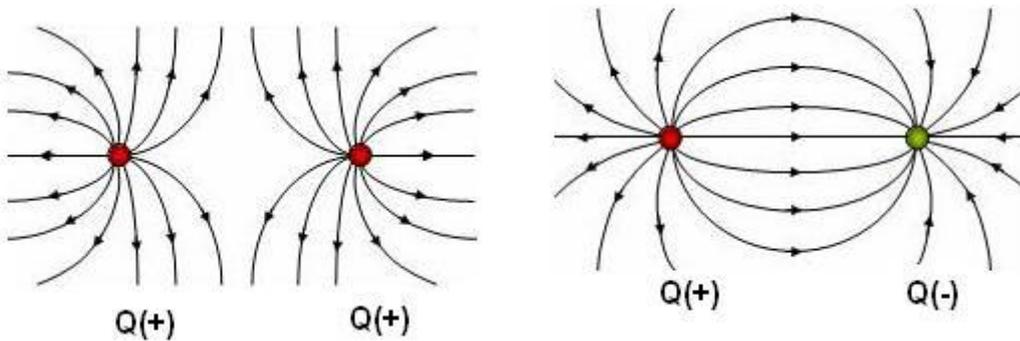


Líneas de campo eléctrico

Las líneas de campo eléctrico se trazan de forma que el vector campo eléctrico es tangente a ellas en cada punto. De una manera más intuitiva, podríamos entender las líneas de campo como el camino que seguiría una carga puntual positiva en el campo.

La fuerza electrostática es una fuerza central, por lo que las líneas de campo eléctrico creado por una carga puntual son radiales y abiertas, y por convenio, salen de las cargas positivas y se dirigen hacia las cargas negativas.





Las líneas de campo no se pueden cortar debido a que un campo eléctrico no puede presentar dos valores distintos de intensidad para un mismo punto.

Energía potencial eléctrica

La fuerza eléctrica es conservativa ya que el trabajo necesario para trasladar una carga (q) desde un punto A a un punto B, en el interior de un campo eléctrico creado por Q, depende solamente del punto inicial y el punto final y no del camino seguido:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_A^B F \cdot dr = \int_A^B K \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot dr = K \cdot Q \cdot q \int_A^B \frac{dr}{r^2} = K \cdot Q \cdot q \left[-\frac{1}{r} \right]_A^B$$

$$= K \cdot Q \cdot q \left[-\frac{1}{r_B} + \frac{1}{r_A} \right] = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_A} - \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_B}$$

Al ser una fuerza conservativa, podemos definir una función de energía potencial:

$$W_{AB} = - \Delta E_p$$

$$W_{AB} = - (E_{pB} - E_{pA}) = - E_{pB} + E_{pA}$$

Si elegimos como origen de la energía potencial la posición de las cargas infinitamente separadas $E_p(r \rightarrow \infty) = 0$, podemos obtener la expresión de la E_p asociada a una carga q situada a una distancia r de Q:

$$W_A^\infty = \int_A^\infty \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_A^\infty F \cdot dr = \int_A^\infty K \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot dr = K \cdot Q \cdot q \int_A^\infty \frac{dr}{r^2} = K \cdot Q \cdot q \left[-\frac{1}{r} \right]_A^\infty$$

$$= K \cdot Q \cdot q \left[-\frac{1}{r_\infty} + \frac{1}{r_A} \right] = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_A} - \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_\infty} \Rightarrow E_{pA} = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_A}$$

que es la fórmula que debes saber. (La diferencia con la gravitatoria, que siempre es negativa, aquí puede ser positiva o negativa, según el signo de las cargas).

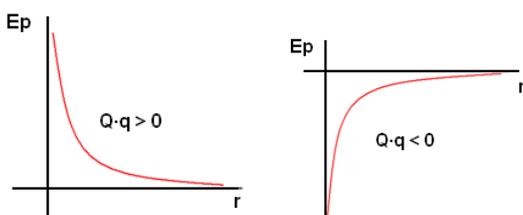
$$E_p(A) = \int_A^\infty \vec{F} \cdot d\vec{r},$$

Así pues, la energía potencial eléctrica, que es una magnitud escalar, es el trabajo que han de hacer las fuerzas del campo para trasladar la carga q' desde el punto A hasta el infinito. O sea el trabajo que realiza la fuerza eléctrica para separar infinitamente las dos cargas. Su

signo puede ser negativo o positivo, según sean los signos de las cargas.

Por tanto, separa dos cargas del mismo signo es un proceso espontáneo, de la misma forma que acercar dos cargas de distinto signo.

Puede comprobarse que esta energía tiene dimensión de trabajo, ¡como debe ser! ,y, por tanto, su unidad en el S.I. será el Julio.



EL POTENCIAL ELÉCTRICO

La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B es la variación de energía potencial eléctrica al trasladar, dentro de un campo eléctrico, la unidad de carga positiva desde el punto A al punto B

$$\Delta V = \Delta E_p / q$$

$$\Delta V = V_B - V_A = \Delta E_p / q = -W / q \quad W = -q(V_B - V_A)$$

Si tomamos como origen del potencial un punto situado en el infinito, obtenemos la expresión de potencial eléctrico en un punto de un campo creado por la una carga puntual Q

$$V = K Q / r \quad \text{que es la expresión que debes saber}$$

Así, se define el Potencial Eléctrico en un punto como la Energía potencial por unidad de carga colocada en ese punto,

$$V_e = \frac{E_{pe}}{q'} \quad \text{y en el caso de cargas puntuales,}$$

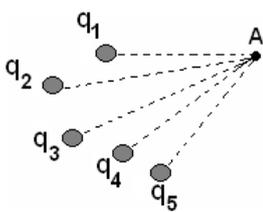
$$V_e = \frac{E_{pe}}{q'} = \frac{\frac{K \cdot q \cdot q'}{r}}{q'} = K \cdot \frac{q}{r} \quad \text{que es la fórmula que debes saber}$$

$$V_e \rightarrow \frac{\text{Julio}}{C} = \text{Voltio} .$$

Su unidad,

El potencial en un punto es igual al trabajo que realiza la fuerza eléctrica para trasladar la unidad de carga positiva desde ese punto al infinito. El potencial y la energía potencial quedan relacionados mediante la siguiente expresión:

$$E_{p,a} = q V_A$$



Si el campo es creado por una distribución de cargas puntuales, el potencial eléctrico en un punto es igual a la suma de potenciales creados por cada una de las cargas en ese punto (principio de superposición)

$$\text{El potencial en el punto A } (V_A) \text{ se calcula: } V_A = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

Intensidad de campo y potencial del campo eléctrico

$$\text{grad } V = dV/dr = -E \quad (\text{en V/m además de N/C})$$

Gradiente del potencial (un escalar) es un vector, que es perpendicular a las superficies equipotenciales y que tiene la dirección de las líneas de campo pero sentido contrario al campo. Indica la dirección en la que el campo cambia más rápidamente.

Signos Energía potencial y potencial

Diferencia E_p positiva, trabajo negativo, el trabajo se realiza contra el campo (en sentido opuesto campo)

Diferencia E_p negativa, trabajo positivo, el trabajo lo realiza el campo (a favor del campo)

Según def. E_p (no diferencia, ref ∞), tendencia a que campo lleve carga a referencia ∞ .

Se tiende a energías menores, diferencias E_p negativa.

- Para cargas positivas análogo campo gravitatorio (“se cae hacia potenciales y E_p menores”).
- Para cargas negativas, se tiende a potenciales mayores que implican menores E_p (debido al signo)
- Campo dirigido siempre hacia potenciales menores (si la carga es positiva sigue el sentido campo)

Signos y relaciones comprensibles fácilmente para campos uniformes

$$|\vec{E}| = \text{constante} \rightarrow \Delta V = E \cdot d \quad \Delta E_p = q \cdot \Delta V = q \cdot E \cdot d \quad W = -q \cdot \Delta V$$

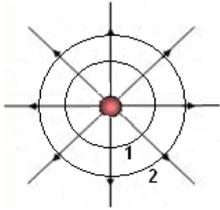
Analogías y diferencias entre campos gravitatorio y eléctrico

Gravitatorio y eléctrico campos conservativos, fuerzas centrales, similitud leyes Gravitación-Coulomb.

Gravitatorio: siempre atractivo, intensidad no depende del medio, para cualquier objeto con masa

Eléctrico: sentido depende signos, intensidad depende del medio, solo objetos con carga.

Superficies equipotenciales



Son aquellas superficies que se obtienen al unir a aquellos puntos del campo que están sometidos a un mismo potencial

Las líneas de campo son perpendiculares a las superficies equipotenciales.

Si el campo es creado por una masa puntual, las superficies son esféricas.

El trabajo que realiza la fuerza gravitatoria al trasladar una masa entre dos puntos de una misma superficie equipotencial es cero ya que $(V-V') = 0$

De la siguiente expresión: $W = -q (V_B - V_A)$

Se deduce que las cargas positivas se mueven de forma espontánea hacia zonas decrecientes de potencial: Si $q > 0$ y $V_B < V_A$ $W > 0$

Y que las cargas negativas se mueven espontáneamente hacia zonas crecientes de potencial: Si $q < 0$ y $V_B > V_A$ $W > 0$ (MUY IMPORTANTE)

Relación entre campo y potencial

El vector intensidad de campo eléctrico y el potencial eléctrico se relacionan mediante la siguiente forma:

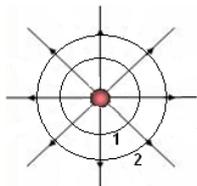
$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta E_p}{q} = \frac{-W_{AB}}{q} = - \int_A^B \frac{\vec{F}}{q} \cdot d\vec{r} = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad \vec{E} = - \frac{dV}{dr}$$

A esta variación direccional del potencial se le conoce con el nombre de gradiente (ya lo hemos visto antes):

$$\vec{E} = - \text{grad } V$$

La expresión del potencial gravitatorio dice que, como la energía, el potencial es mayor cuanto más lejos se esté de la masa que lo produce. En consecuencia, el potencial decrece en la misma dirección en la que se incrementa el campo.

El signo menos indica que la orientación del campo es la que coincide con el sentido hacia el que el potencial decrece.



En la figura se visualiza esta relación en el caso del campo creado por una carga puntual de signo positivo. En este caso, 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. Junto con ellas, se han dibujado también dos superficies esféricas (1, 2) con centro en la carga. Son superficies equipotenciales, ya que, como el valor del potencial eléctrico depende únicamente de la carga y de la distancia, en todos los puntos que pertenecen a cada una de estas superficies, el potencial tiene un valor constante. El dibujo completo muestra que, tal como predice la relación escrita un poco más arriba, las líneas del campo eléctrico atraviesan a dichas superficies equipotenciales perpendicularmente y se dirigen desde donde el potencial es mayor (superficie 1) hacia donde es menor (superficie 2).

Un caso de especial interés es el caso del campo eléctrico uniforme donde sus líneas de fuerza son paralelas. Dichas líneas se dirigen desde la zona donde el potencial es mayor hacia zonas donde es menor. En su camino atraviesan las superficies equipotenciales, en este caso planos paralelos, siendo mayor el potencial en la superficie 1

Un caso de especial interés es el caso del campo eléctrico uniforme donde sus líneas de fuerza son paralelas. Dichas líneas se dirigen desde la zona donde el potencial es mayor hacia zonas donde es menor. En su camino atraviesan las superficies equipotenciales, en este caso planos paralelos, siendo mayor el potencial en la superficie 1

