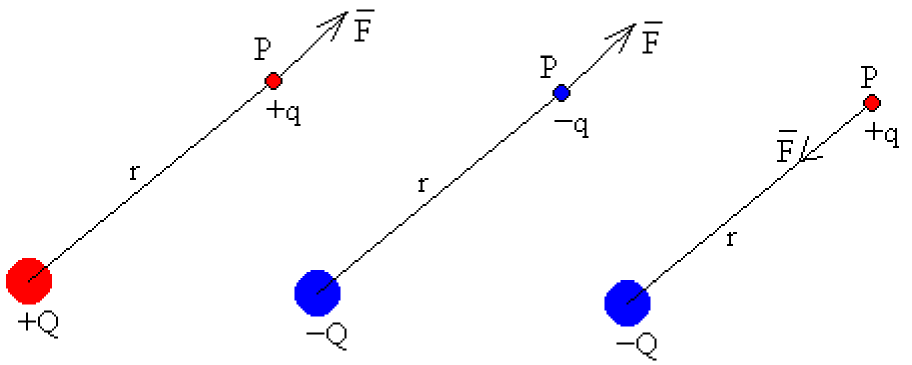
Campo y potencial eléctrico de una carga puntual

La ley de Coulomb nos describe la interacción entre dos cargas eléctricas del mismo o de distinto signo. La fuerza que ejerce la carga *Q* sobre otra carga *q* situada a una distancia *r* es.

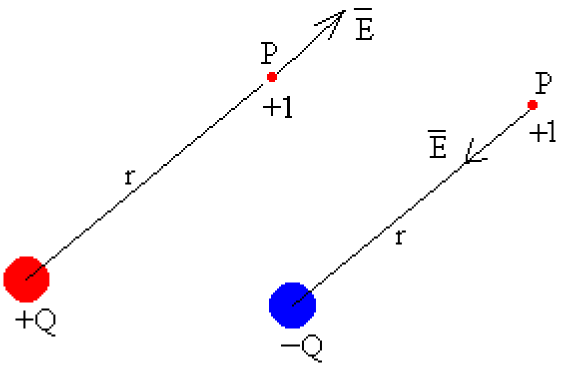
$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

La fuerza **F** es repulsiva si las cargas son del mismo signo y es atractiva si las cargas son de signo contrario.



Concepto de campo

Es más útil, imaginar que cada uno de los cuerpos cargados modifica las propiedades del espacio que lo rodea con su sola presencia. Supongamos, que solamente está presente la carga *Q*, después de haber retirado la carga *q* del punto P. Se dice que la carga *Q* crea un campo eléctrico en el punto P. Al volver a poner la carga *q* en el punto P, cabe imaginar que la fuerza sobre esta carga la ejerce el campo eléctrico creado por la carga *Q*.



El punto P puede ser cualquiera del espacio que rodea a la carga *Q*. Cada punto P del espacio que rodea a la carga *Q* tiene una nueva propiedad, que se denomina campo eléctrico **E** que describiremos mediante una magnitud vectorial, que se define como la fuerza sobre la unidad de carga positiva imaginariamente situada en el punto P.

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{\mathbf{r}}$$

La unidad de medida del campo en el S.I. de unidades es el N/C

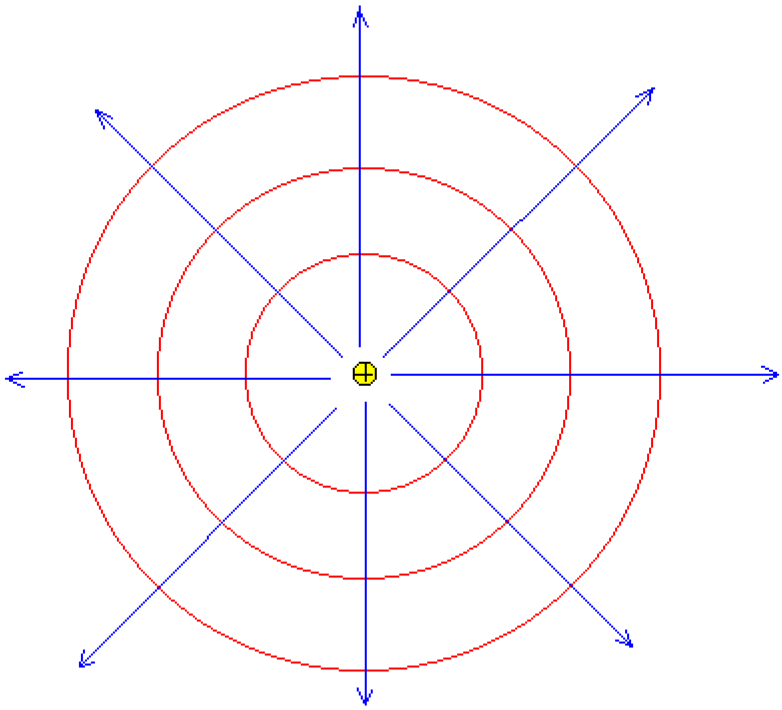
En la figura, hemos dibujado el campo en el punto P producido por una carga *Q* positiva y negativa respectivamente.

El campo eléctrico de una carga puntual *Q* en un punto P distante *r* de la carga viene representado por un vector de

- módulo $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$
- dirección radial
- sentido hacia afuera si la carga es positiva, y hacia la carga si es negativa

Un campo eléctrico puede representarse por líneas de fuerza, líneas que son tangentes a la dirección del campo en cada uno de sus puntos.

En la figura, se representan las líneas de fuerza de una carga puntual, que son líneas rectas que pasan por la carga. Las equipotenciales son superficies esféricas concéntricas.



Energía potencial

La fuerza de atracción entre dos masas es conservativa, del mismo modo se puede demostrar que la fuerza de interacción entre cargas es conservativa.

El trabajo de una fuerza conservativa es igual a la diferencia entre el valor inicial y el valor final de una función que solamente depende de las coordenadas que denominamos energía potencial.

$$\int_A^B \mathbf{F} \cdot \mathbf{dl} = E_{pA} - E_{pB}$$

La energía potencial viene dada por una fórmula similar a la energía potencial gravitatoria.

$$E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r}$$

El nivel cero de energía potencial se ha tomado en el infinito.

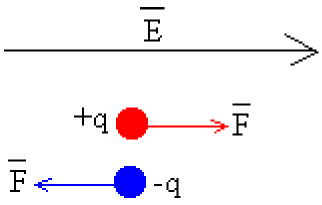
Concepto de potencial

Del mismo modo que hemos definido el campo eléctrico, el potencial es una propiedad del punto P del espacio que rodea la carga *Q*, que definimos como la energía potencial de la unidad de carga positiva imaginariamente situada en P. El potencial es una magnitud escalar.

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$$

La unidad de medida del potencial en el S.I. de unidades es el volt (V).

Relaciones entre fuerzas y campos

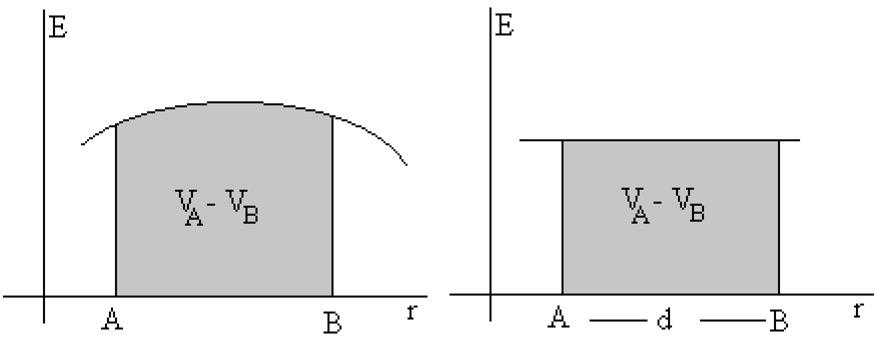


Una carga en el seno de un campo eléctrico **E** experimenta una fuerza proporcional al campo cuyo módulo es *F=qE*, cuya dirección es la misma, pero el sentido puede ser el mismo o el contrario dependiendo de que la carga sea positiva o negativa.

Relaciones entre campo y diferencia de potencial

La relación entre campo eléctrico conservativo y el potencial es.

$$\int_A^B \mathbf{E}\cdot\mathbf{dl} = V_A - V_B$$



En la figura, vemos la interpretación geométrica. La diferencia de potencial es el área bajo la curva entre las posiciones A y B. Cuando el campo es constante

V_A-V_B=Ed que es el área del rectángulo sombreado.

El campo eléctrico **E** es conservativo lo que quiere decir que en un camino cerrado se cumple

$$\oint \mathbf{E}\cdot\mathbf{dl} = 0$$

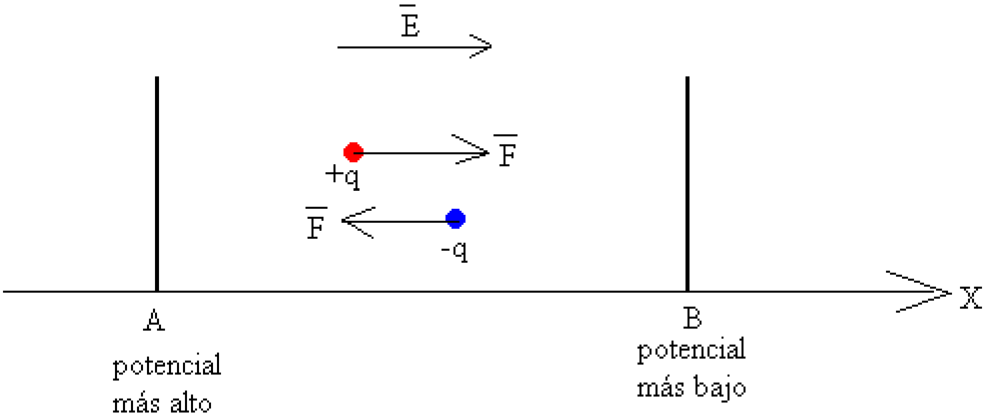
Dado el potencial *V* podemos calcular el vector campo eléctrico **E**, mediante el operador diferencial gradiente.

$$\mathbf{E} = -\nabla V = -\frac{\partial V}{\partial x}\hat{\mathbf{i}} - \frac{\partial V}{\partial y}\hat{\mathbf{j}} - \frac{\partial V}{\partial z}\hat{\mathbf{k}}$$

Trabajo realizado por el campo eléctrico

El trabajo que realiza el campo eléctrico sobre una carga *q* cuando se mueve desde una posición en el que el potencial es V_A a otro lugar en el que el potencial es V_B es

$$W = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = E_{pA} - E_{pB} = q(V_A - V_B)$$



El campo eléctrico realiza un trabajo *W* cuando una carga positiva *q* se mueve desde un lugar *A* en el que el potencial es alto a otro *B* en el que el potencial es más bajo. Si $q>0$ y $V_A>V_B$ entonces $W>0$.
El campo eléctrico realiza un trabajo cuando una carga negativa *q* se mueve desde un lugar B en el que el potencial es más bajo a otro A en el que el potencial es más alto.

Una fuerza externa tendrá que realizar un trabajo para trasladar una carga positiva *q* desde un lugar B en el que el potencial es más bajo hacia otro lugar A en el que el potencial más alto.
Una fuerza externa tendrá que realizar un trabajo para trasladar una carga negativa *q* desde un lugar A en el que el potencial es más alto hacia otro lugar B en el que el potencial más bajo.

El campo eléctrico de un sistema de dos cargas

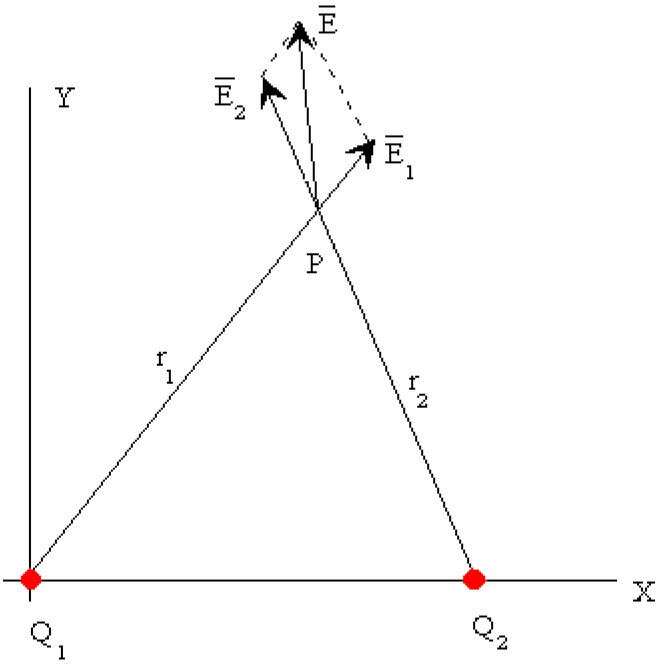
Campo eléctrico de un sistema de dos cargas eléctricas

Actividades

En esta sección, se describen los concepto de línea de campo y superficie equipotencial. Se calculan y se representan para un sistema formado por dos cargas

Campo eléctrico de un sistema de dos cargas eléctricas

Cuando varias cargas están presentes el campo eléctrico resultante es la suma vectorial de los campos eléctricos producidos por cada una de las cargas. Consideremos el sistema de dos cargas eléctricas de la figura.

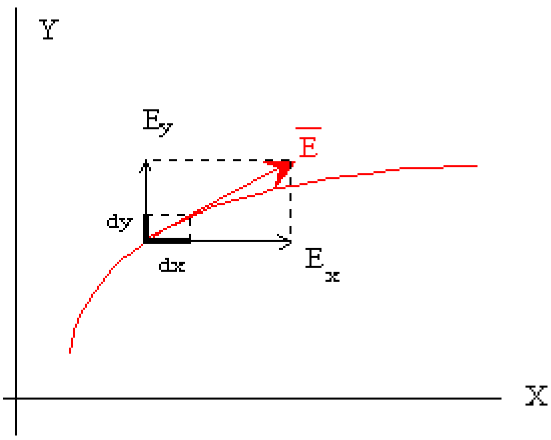


El módulo del campo eléctrico producido por cada una de las cargas es

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r_1^2} \qquad E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2}{r_2^2}$$

Y las componentes del campo total son

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} = E_1 \cos\theta_1 + E_2 \cos\theta_2$$
$$E_y = E_{1y} + E_{2y} = E_1 \operatorname{sen}\theta_1 + E_2 \operatorname{sen}\theta_2$$



Como el campo es tangente a las líneas de fuerza, la ecuación de las líneas de fuerza es

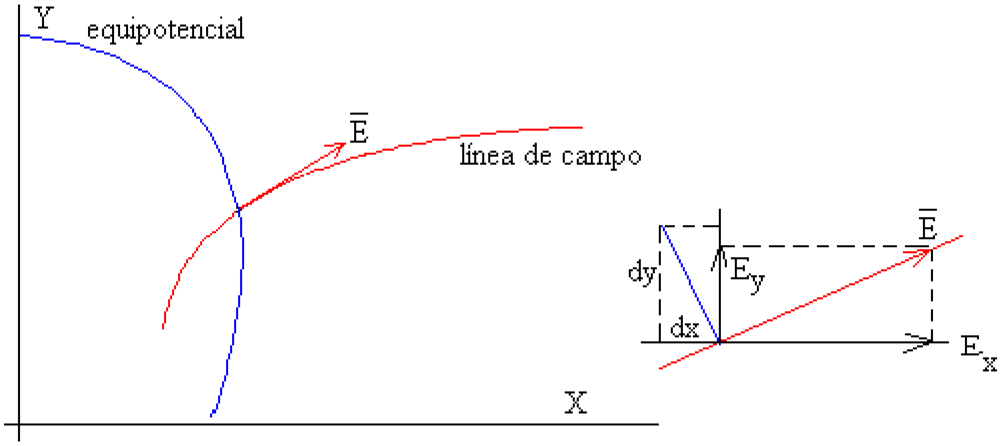
$$\frac{dy}{dx} = \frac{E_y}{E_x}$$

tal como se muestra en la figura.

El potencial en el punto P debido a las dos cargas es la suma de los potenciales debidos a cada una de las cargas en dicho punto.

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r_1} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2}{r_2}$$

Las superficies equipotenciales cortan perpendicularmente a las líneas de campo. Representaremos en el applet la intersección de las superficies equipotenciales con el plano XY.



La ecuación de las líneas equipotenciales es

$$\frac{dx}{dy} = -\frac{E_y}{E_x}$$

Textos extraídos de las páginas:
http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/fisica/electymagne/TEORIA/elecmagnet/campo_electrico/campo/campo.htm
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/electrico/cElectrico.html